

LEGENDA

- PUNTO DE CAPTAÇÃO DE AGUA
- TRATAMIENTO DE AGUA
- ▲ TRATAMIENTO DE ESCOTO/RESIDUOS
- ▼ PUNTO LANÇAMENTO DE EFUEENTES
- ▣ AREA DE PASTO
- DIVISA DE PROPIEDADES

CLIENTE	CONSTRUTORA	EMPRESA	PROJETO	FECHA
CONSTRUTORA	CONSTRUTORA	CONSTRUTORA	CONSTRUTORA	CONSTRUTORA
PROJETO	PROJETO	PROJETO	PROJETO	PROJETO
FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA

CONSTRUTORA
CONSTRUTORA
CONSTRUTORA
CONSTRUTORA

CONSTRUTORA
CONSTRUTORA
CONSTRUTORA
CONSTRUTORA

CONSTRUTORA
CONSTRUTORA
CONSTRUTORA
CONSTRUTORA

CONSTRUTORA
CONSTRUTORA
CONSTRUTORA
CONSTRUTORA

ÍNDICE

1 - Apresentação.....	1/8
2 - Introdução	1/8
3 - Justificativa.....	3/8
4 - Objetivos	4/8
4.1 - Geral	4/8
4.2 - Específicos	4/8
5 - Metas/Resultados Esperados	5/8
6 - Âmbito de Aplicação	5/8
7 - Materiais e Métodos.....	6/8
7.1 - Visitas Técnicas	6/8
7.2 - Monitoramento do Material de Empréstimo e Sedimentos de Fundo	6/8
7.3 - Treinamento.....	7/8
7.4 - Tratamento e Descarte de Rejeitos de Mercúrio	7/8
8 - Métodos de Verificação/Indicadores.....	8/8
9 - Público Alvo	8/8
10 - Relatórios/Produtos	8/8

ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DAS ESCAVAÇÕES EM ÁREAS DE PROVÁVEL ACÚMULO DE MERCÚRIO

1 - APRESENTAÇÃO

O plano de acompanhamento técnico das escavações em áreas de possíveis acúmulos de mercúrio contempla o monitoramento das áreas de influência direta do canteiro de obras visando a identificação de fontes difusas de mercúrio, bem como sua remoção e disposição adequada atendendo a condicionante 2.9 da Licença Prévia 251/2008 relativa aos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau no rio Madeira sendo: *“incorporar no Programa Ambiental para Construção acompanhamento técnico das escavações em áreas de provável acúmulo de mercúrio, visando a remoção e disposição adequadas”*

2 - INTRODUÇÃO

O interesse nos estudos associados ao mercúrio na Amazônia nas últimas décadas é dada devido à elevada toxicidade deste elemento na forma de metilmercúrio para os seres humanos e animais, seu acúmulo na biota e sua biomagnificação na cadeia alimentar aquática (Bastos *et al.*, 2004 e 2006; Akagi *et al.*, 1995; Santos *et al.*, 2000).

A distribuição do mercúrio nos sedimentos está relacionada com o conteúdo de carbono orgânico, argila, ferro, fósforo, potencial redox e enxofre, dentre outros. Os agentes orgânicos complexantes solúveis em água, tais como humatos e fulvatos, podem quelar as espécies solúveis e insolúveis na água; os últimos precipitam-se diretamente da solução para o sedimento. Os solos possuem uma elevada capacidade de reter e armazenar mercúrio, devido ao forte acoplamento deste com o carbono presente. Os solos argilosos apresentam aparentemente uma elevada capacidade de reter mercúrio, podendo acumulá-lo por muitos anos (Rocha *et al.*, 2000 e 2003; Oiveira *et al.*, 2007).

A emissão de mercúrio das atividades industriais é estimada em 2.000 a 3.000 toneladas/ano pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 1989). Estimativas indicam que das 200.000 toneladas de mercúrio emitidas para a atmosfera desde 1890, por volta de 95% permanecem no solo terrestre, 3% nas águas oceânicas superficiais e 2% na atmosfera (Osa, 1994; Tubino & Magalhães, 1997;). A distribuição das diversas espécies de mercúrio que entram no sistema aquático é regulada por processos físicos, químicos e biológicos, os quais ocorrem nas interfaces ar/água e água/sedimento. A conversão entre estas diferentes formas é a base do complexo padrão de

distribuição do mercúrio em ciclos locais e globais e de seu enriquecimento biológico (Bisinoti & Jardim, 2007; Fadini & Jardim, 2001; Maurice-Bourgoin *et al.*, 2000).

Os resíduos de mercúrio contêm basicamente quatro tipos de compostos de mercúrio: mercúrio elementar, sais de mercúrio monovalente, sais de mercúrio divalente e compostos organomercuriais. O tratamento clássico para pequenas quantidades de mercúrio elementar envolve a aspiração com capilar conectado a uma bomba para coleta das gotas, a adição de polissulfato de cálcio ou enxofre em excesso para passivação do mercúrio e, em seguida, recuperação ou disposição final (Armour, 1991). A disposição pode ser feita em aterro apropriado ou, preferencialmente, através do encapsulamento (cimentação ou vitrificação). Para sais de mercúrio mono e divalentes, o tratamento geralmente recomendado envolve dissolução em água, ajuste de pH ao redor de 10 e adição de solução contendo aproximadamente 20% de Na_2S , sob agitação, até que não se observe mais a precipitação. Posteriormente, o HgS insolúvel é filtrado e enviado para disposição final. Defregger (1985) relata a técnica de remediação de solo e água contaminados por mercúrio empregada por uma fábrica da Marktredwitz Chem. na Alemanha, descrita como a primeira experiência em grande escala para lavagem e destilação de mercúrio de locais contaminados. Após tratamento, o material continha menos de 50 mg/kg e teve disposição final em aterro. Martin e colaboradores (1996) relatam a recuperação eletroquímica do complexo de EDTA com mercúrio proveniente da lavagem de solos contaminados com este metal. Apesar da técnica de remoção com EDTA ser um meio efetivo para remediação de solos contaminados atingindo a porcentagem de recuperação de 92%, apresenta a desvantagem de elevado custo operacional tornando-se em alguns casos economicamente inviável.

Os métodos de disposição final de resíduos contendo mercúrio, além da disposição clássica em aterros, várias opções são mencionadas na literatura (Micaroni *et al.*, 2000). Wertejuk e colaboradores (1994) relatam a pulverização e mistura com 1-2% (baseado no peso do resíduo) de enxofre ou dissolução em solução aquosa contendo 0,1% (baseado no peso do resíduo) de cloreto férrico, com utilização da mistura resultante como aditivo em concreto ou argamassa. Enquanto que Babcock e colaboradores (1992) sugerem a imobilização usando cimento ou misturas contendo cimento e compostos tais como: sulfato de potássio, carbonato de sódio, enxofre, resorcinol e copolímero de acetato de vinila-etileno. No entanto, Hamilton & Bowers (1997), em seu estudo sobre a emissão de mercúrio de resíduos solidificados/estabilizados em cimento Portland, detectaram a emissão de vapor de Hg^0 . Os testes foram realizados fazendo-se a submersão de resíduos solidificados/estabilizados na forma de blocos em reatores contendo água que, posteriormente, era analisada para a determinação de mercúrio. Estes estudos mostraram que a emissão de mercúrio neste tipo de cimento varia com a forma na qual o mesmo é dopado.

O caráter inerte do HgS (solubilidade extremamente baixa e resistência à dissolução oxidativa) é tido como o fator responsável pela não detecção de vapor de Hg nos resíduos solidificados/estabilizados com o mercúrio nesta forma.

3 - JUSTIFICATIVA

No AHE Jirau, o barramento será disposto entre uma sucessão de ilhas, das quais a maior é a Ilha do Padre, no remanso da Cachoeira do Caldeirão. Este sítio apresenta conformação topográfica de vale aberto com existência de aglomerado de ilhas fluviais que garantem a passagem das vazões nos diversos períodos do ano. O Rio Madeira, neste local, se divide em dois braços bem distintos, configurando a corrente principal no braço esquerdo e a corrente secundária no braço direito. Referente as áreas de materiais naturais de construção foram pesquisadas e delimitadas 05 (cinco) áreas de empréstimo para materiais de solo impermeáveis estando distribuídas 04 (quatro) na margem direita e 01 (uma) na margem esquerda. Estas áreas de empréstimo são constituídas por quatro regiões compostas por argilas siltosas ou siltes pouco arenosos e uma área composta por areias argilosas resultante da decomposição de rochas graníticas. As áreas de empréstimo da margem direita irão fornecer os materiais impermeáveis para as ensecadeiras da 1ª e 2ª Fases, barragem da margem direita e barragem do leito do rio, sendo estimado o volume de 7.600.000 m³. Enquanto que área de empréstimo da margem esquerda irá fornecer os materiais impermeáveis para a barragem da margem esquerda, sendo estimado o volume de 700.000 m³. O material rochoso será obtido de 02 (duas) pedreiras ambas na margem direita classificado de rocha granítica sã, com cobertura de solo inferiores a 4 metros de espessura. A previsão de retirada de rocha da pedreira é cercar de 920.000 m³ sendo aplicada somente nas ensecadeiras da 1ª Fase. Os enrocamentos aplicados na ensecadeira da 2ª Fase, barragens das margens direita, esquerda e leito do rio, bem como os agregados para concreto serão obtidos das escavações em rochas obrigatórias.

Lacerda & Malm (2008) em uma análise das áreas críticas de contaminação por mercúrio, relatam que o desmatamento da Amazônia associado a erosão e lixiviação do mercúrio presente nos solos e sua reemissão para a atmosfera mantém elevadas concentrações no ecossistema da Amazônia, mesmos após a diminuição do garimpo de ouro. Estudos indicam que a maior parte dos 60% do mercúrio disponibilizado para a atmosfera durante a intensa mineração de ouro na região possa ter depositado nos solos marginais das florestas do rio Madeira, devido ao fato da deposição da maior parte do mercúrio originado nos garimpos da Amazônia ocorrerem a cerca de 20 a 40 km da fonte de emissão (Pfeiffer & Lacerda, 1988; Lacerda *et al.*, 2004). Estudos realizados por Gomes e colaboradores (2006) referente à análise de sólidos em suspensão no Rio Madeira, coletados

entre o ponto de sua formação até a cidade de Porto Velho, indicou valores medianos de mercúrio em torno de 50 µg/kg os quais estão próximos daqueles encontrados em outras regiões consideradas não-impactadas, sendo os maiores teores mercúrio encontrados nas áreas de encaixe ao longo do rio Madeira.

4 - OBJETIVOS

4.1 - GERAL

Acompanhar as atividades de escavação visando a identificação, remoção, tratamento e disposição final de resíduos de mercúrio nas áreas de influência direta do canteiro de obras do AHE Jirau atendendo a condicionante 2.9 da Licença Prévia 251/2008 relativa aos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau no rio Madeira sendo

4.2 - ESPECÍFICOS

- Visitas técnicas durante as atividades de escavação e remoção dos materiais das 05 áreas de empréstimo de solo impermeável, das 02 pedreiras e do sedimento de fundo do leito do rio Madeira visando identificar possíveis fontes difusas de mercúrio.
- Monitorar os teores de mercúrio total (Hg_T) no material escavado nas 05 áreas de empréstimo de solo impermeável e no sedimento de fundo removido do leito do rio Madeira.
- Treinar a equipe da engenharia e dos trabalhadores diretos nas atividades de escavação do empreendimento direcionado à identificação e isolamento de área contendo fonte difusa de mercúrio metálico.
- Remover, tratar e avaliar a disposição final de possíveis fontes difusas de mercúrio na área de influência direta do canteiro de obra.

5 - METAS/RESULTADOS ESPERADOS

O plano de acompanhamento técnico das escavações em áreas de possíveis acúmulos de mercúrio do canteiro de obra do AHE Jirau possibilitará identificar possíveis fontes difusas de contaminação de mercúrio, bem como a execução de processos que minimizam a remobilização do mercúrio para o ecossistema. O tratamento clássico dos resíduos de mercúrio por precipitação com sulfeto poderá ser utilizado, seguido disposição final em aterros ou encapsulamento por cimentação, tendo em vista o grande volume de concretagem utilizado durante a implementação da obra.

O treinamento da equipe da engenharia e trabalhadores diretos nas escavações referente a identificação de fontes pontuais de mercúrio metálico, minimizará possíveis riscos de contaminação direta dos trabalhadores do canteiro de obras por mercúrio e impactos ambientais associados a remobilização de mercúrio.

O monitoramento dos níveis de mercúrio total nos materiais escavados complementarará os estudos realizados no EIA-RIMA referente a possíveis depósitos de mercúrio remanescentes do intenso garimpo de ouro na região do rio Madeira, além de atender a condicionante 2.7 da Licença Prévia 251/2008 relativa aos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau no rio Madeira.

6 - ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O plano de acompanhamento técnico das escavações em áreas de possíveis acúmulos de mercúrio é voltado a identificação, remoção e disposição final de fontes difusas de mercúrio na área de influência direta do canteiro de obras da UHE Jirau, contemplando as cinco áreas de empréstimo para materiais de solo impermeáveis nas margens direita e esquerda, as duas pedreiras na margem direita e a área de escavação no leito do rio Madeira. O plano de acompanhamento técnico será desenvolvido durante as fase do empreendimento referentes a construção da ensecadeira da 1ª Fase, ensecadeira da 2ª Fase, barragem da margem direita, barragem da margem esquerda e barragem do leito do rio.

7 - MATERIAIS E MÉTODOS

Atividades desenvolvidas no ecossistema terrestre na área de influência direta do empreendimento durante a implantação das estruturas físicas da barragem, tais como remoção de vegetação, solo e rochas podem contribuir como a mobilização de mercúrio para o ecossistema aquático. Portanto estas atividades serão monitoradas quanto a sua eficiência em disponibilizar mercúrio para o ecossistema aquático do rio Madeira.

A metodologia a ser utilizada terá uma abordagem interdisciplinar, de modo a integrar o conhecimento do sistema ambiental e suas inter-relações com a saúde humana, possibilitando subsidiar ações de caráter preventivo e respaldar tecnicamente ações de tratamento e disposição final dos possíveis resíduos de mercúrio do canteiro de obras do UHE Jirau.

7.1 - VISITAS TÉCNICAS

As visitas técnicas por especialista em dinâmica do mercúrio no ambiente serão realizadas mensalmente nas áreas de empréstimo de material impermeável, pedreiras e no leito do rio Madeira durante a execução das escavações e remoção de materiais para as obras da UHE Jirau. As áreas visitadas serão georeferenciadas e caracterizadas visualmente, possibilitando um acompanhamento detalhado das movimentações de materiais e possíveis adaptações ao plano de acompanhamento técnico.

7.2 - MONITORAMENTO DO MATERIAL DE EMPRÉSTIMO E SEDIMENTOS DE FUNDO

As amostras de solo impermeável e sedimentos de fundo serão coletadas (10-15 cm de profundidade) mensalmente durante a fase de escavação nas áreas de material de empréstimo e no leito do rio Madeira, respectivamente. As amostras de solo e sedimentos serão acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas resfriadas até a preparação da amostra para análise. 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 et al, 1998). Em seguida, a fração fina do sedimento será transferida para um gral de porcelana e será seca em estufa a temperatura de 50°C. Após secagem, maceração e digestão das amostras de solo e sedimento o teor de mercúrio total (Hg_T) será quantificado por espectrofotometria de absorção atômica acoplada ao gerador de vapor frio (Bisinoti *et al.*, 2007).

7.3 - TREINAMENTO

O treinamento da equipe da engenharia e dos trabalhadores diretos das áreas de escavação, possibilitara o acompanhamento contínuo das atividades no sentido de reconhecer e isolar possíveis área de depósitos de mercúrio metálico remanescente do garimpo do ouro. Uma vez encontradas, será acionada a equipe responsável pelo acompanhamento técnico das escavações para avaliar a extensão da contaminação, remover a fração metálica de mercúrio e armazenar até a disposição final.

No treinamento serão abordados os principais tópicos referentes ao ciclo do mercúrio e suas principais formas químicas, identificação de fração de mercúrio metálico no ambiente, riscos a saúde humana, utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) para o manuseio de amostras contaminadas e tratamento/disposição final de resíduos de mercúrio. Reuniões trimestrais com a equipe de engenharia e trabalhadores diretos das áreas de escavações possibilitarão atividades de complementações do treinamento, relatos de experiências adquiridas e adequações do plano de acompanhamento técnico das escavações.

7.4 - TRATAMENTO E DESCARTE DE REJEITOS DE MERCÚRIO

A maioria dos processos de tratamento de resíduos de compostos contendo mercúrio descritos na literatura baseia-se na simples transferência de fase deste metal, para que se possa proceder a disposição final, o que ratifica a importância de alternativas que visem o reuso e reciclo. O tratamento clássico de precipitação com sulfeto é amplamente utilizado, mas novas técnicas de tratamento vêm sendo estudadas como a fotoredução catalítica, a amalgamação com selênio e a redução eletrolítica. A dessorção térmica e a complexação com diversos complexantes vêm sendo aplicadas não só para a remediação de solos, mas também para o tratamento de resíduos contendo compostos de mercúrio. A disposição final em aterros ou encapsulamento por cimentação são largamente aplicadas, entretanto em algumas situações o encapsulamento por vitrificação pode ser mais recomendado.

Neste contexto somente após a avaliação da extensão da fonte difusa de mercúrio, os níveis de mercúrio nos resíduos e o volume de resíduos entre outros parâmetros operacionais a equipe responsável pelo acompanhamento técnico das escavações poderá definir a melhor estratégia para o tratamento e disposição de rejeitos de mercúrio em conformidade com as metodologias descritas na literatura e aplicadas em vários estudos de casos de contaminação por mercúrio.

8 - MÉTODOS DE VERIFICAÇÃO/INDICADORES

Métodos quantitativos e qualitativos serão estabelecidos para a avaliação do mercúrio nas amostras de material impermeável e sedimento de fundo do rio Madeira na área de influência direta da canteiro de obra do UHE Jirau.

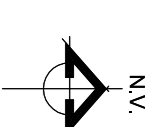
O acompanhamento do plano de acompanhamento técnico das escavações será no primeiro e segundo ano por relatórios trimestrais, enquanto que no terceiro ano por relatórios quadrimestrais. A avaliação referente as respectivas fases do empreendimento será por relatório conclusivo associados a construção da ensecadeira da 1ª Fase, ensecadeira da 2ª Fase, barragem da margem direita, barragem da margem esquerda e barragem do leito do rio.

9 - PÚBLICO ALVO

O plano de acompanhamento técnico das escavações na área de influência direta do canteiro de obras do UHE Jirau tem como público alvo direto os trabalhadores do canteiro de obras e indireto as comunidades ribeirinhas da bacia do rio Madeira devido a minimização da disponibilização de mercúrio para o ecossistema. O programa pretende beneficiar o IBAMA, ao qual serão encaminhados os resultados em forma de relatórios de acompanhamento, proporcionando assim, um enriquecimento das informações e, conseqüentemente, maior conhecimento sobre a realidade regional no tocante a este tema específico. Outras entidades que poderão se interessar pelos resultados do monitoramento, dentre os quais citam-se os órgãos estaduais responsáveis pela preservação do meio ambiente e instituições de pesquisa.

10 - RELATÓRIOS/PRODUTOS

Relatórios parciais, em meio digital, serão apresentados originando 11 relatórios parciais ao longo de 03 anos de acompanhamento técnico das áreas de escavação. Os relatórios anuais, em meio digital e impressos, deverão consolidar os dados obtidos ao longo de 11 campanhas, totalizando assim 03 relatórios anuais. Um relatório conclusivo deverá ser entregue após cada fase do empreendimento sendo ensecadeira da 1ª Fase, ensecadeira da 2ª Fase, barragem da margem direita, barragem da margem esquerda e barragem do leito do rio. Um banco de dados será organizado em planilhas eletrônicas, sendo atualizado imediatamente após a determinação dos níveis de mercúrio total nos materiais naturais para a construção e no sedimento de fundo do leito do rio Madeira de cada campanha, possibilitando análises temporais imediatas.



- LEGENDA**
- Áreas Privadas
 - Lozes Industriais
 - Lozes Comerciais
 - Lozes 800m²
 - Áreas Verdes
 - APP
 - Sistema de lazer
 - Brço
 - Áreas Institucionais
 - Faixa de Domínio - Eletrometeo
 - Equipamentos Públicos
 - Limite da gleba
 - Limite da gleba a cada 100m
 - Ignoradas
 - Limite da APP

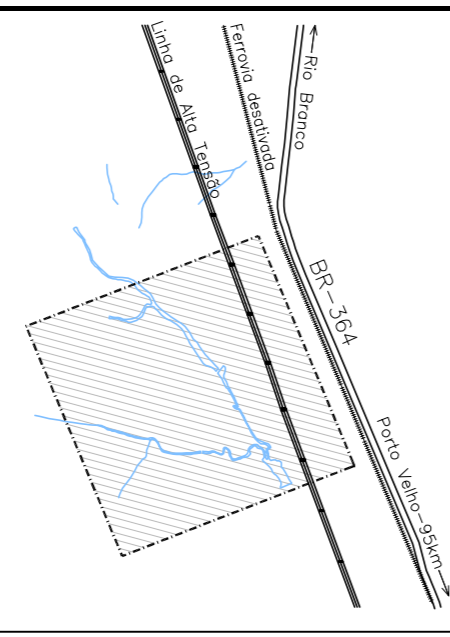
AREA RESIDENCIAL DO CANTEIRO DE JIRAU

FOLHA 01/01

ASSUNTO :
LOCAL :

PROPRIETÁRIO: Energia Sustentável do Brasil

SITUAÇÃO S/ ESCALA



DECLARO QUE A APROVAÇÃO DO PROJETO NÃO IMPLICA, NO RECONHECIMENTO, POR PARTE DA PRETINHA, DO DIBETO DE DECLARO QUE A ÁREA NÃO SUFREU CONTAMINAÇÃO OU OUTRA OCUPAÇÃO QUE IMPEDISSE AINDA O CONSUMO.

PROPRIETÁRIO
Energia Sustentável do Brasil

ÁREAS
Área Total do Glebo : 4.000.000,00m²

AUTOR DO PROJETO
CMA xxx
CMA xxx

ÍNDICE

4.3 - Monitoramento do Lençol Freático	1/18
4.3.1 - Introdução	1/18
4.3.1.1 - Contexto Geológico-Geomorfológico	1/18
4.3.2 - Justificativa	4/18
4.3.3 - Objetivos.....	7/18
4.3.4 - Metas	8/18
4.3.5 - Base Legal	8/18
4.3.6 - Âmbito de Aplicação	8/18
4.3.7 - Aspectos Metodológicos	9/18
4.3.8 - Indicadores de Avaliação e Resultados.....	15/18
4.3.9 - Público-Alvo	16/18
4.3.10 - Relatórios	16/18
4.3.11 - Cronograma.....	16/18
4.3.12 - Interface com Outros Programas.....	17/18
4.3.13 - Equipe Técnica para a Execução do Programa.....	17/18
4.3.14 - Referências Bibliográficas.....	18/18
4.3.15 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa	18/18

ANEXOS

Anexo 1 - Cronograma

4.3 - MONITORAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

4.3.1 - Introdução

O Programa de Monitoramento do Lençol Freático integra o Projeto Básico Ambiental (PBA) do Aproveitamento Hidrelétrico Jirau - AHE Jirau, que subsidiará a solicitação da Licença de Instalação (LI) deste empreendimento ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

O presente Programa foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA - dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, elaborado pela Leme Engenharia (2005), 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.

4.3.1.1 - Contexto Geológico-Geomorfológico

A área de interesse está inserida no Megalineamento Itacoatiara - Madre de Dios (Igreja e Catique, 1997, *apud* Adamy e Dantas, 2004; Bemerguy *et al.*, 2002, *apud* Adamy e Dantas, 2004), e enquadra-se na Unidade Morfoestrutural Alto Estrutural Guajará Mirim-Porto Velho (Quadros *et al.*, 1996, *apud* Adamy e Dantas, 2004; Souza Filho *et al.*, 1999, *apud* Adamy e Dantas, 2004). O alto estrutural representa uma porção do embasamento soerguida por tectônica durante o Cenozóico, sendo que o rio Madeira, neste trecho, encontra-se num vale encaixado, marcado por níveis de base locais (corredeiras, travessões e saltos) e exíguas planícies de inundação, numa nítida condição de ajuste ao nível de base regional.

O Alto Estrutural Guajará Mirim-Porto Velho está delimitado, a Oeste e a Sul, pela Depressão Sub-Andina do Beni e pela Depressão do Guaporé. Esta grande Bacia Quaternária, que se situa em posição de “back-arc”, em relação à Cordilheira dos Andes, consiste em uma vasta planície aluvial que abrange a Amazônia Boliviana e o Vale do Guaporé e reúne os principais formadores do rio Madeira - rios Beni, Madre de Dios, Mamoré e Guaporé. A Leste e a Norte, o alto estrutural está delimitado pelo Planalto Rebaixado da Amazônia, representado por baixos platôs sulcados pela rede de drenagem atual e constituídos por extensos depósitos terciários e quaternários das formações Solimões e Içá, associados à Bacia Sedimentar do Amazonas. Ressalta-se, ainda, no interior do Alto Estrutural Guajará Mirim-Porto Velho, a existência da Bacia Quaternária do

Abunã, constituída por uma depressão tectônica alongada de natureza romboédrica, preenchida por uma sedimentação fluvial recente (Souza Filho *et al.*, 1999, *apud* Adamy e Dantas, 2004).

A bacia contribuinte do rio Madeira junto à seção Jirau-Abunã é relativamente pouco extensa, destacando-se, na margem direita, a bacia do rio Mutum-Paraná-Cotia e os igarapés do Jirau, do Cirilo e do Castanho. Na margem esquerda, observam-se apenas pequenos tributários, tais como o rio São Lourenço e o igarapé São Simão. Por outro lado, destaca-se, nesse contexto, que o divisor Madeira-Purus encontra-se muito próximo à margem esquerda do rio Madeira. Esta assimetria entre as bacias e o padrão retilíneo do canal do rio Madeira (em contraste com o padrão meândrico de alta sinuosidade do rio Purus) sugere um controle neotectônico regional, conforme referenciado por Quadros *et al.* (1996, *apud* Adamy e Dantas, 2004).

De acordo com Adamy e Romanini (1990, *apud* Adamy e Dantas, 2004) e Rizzotto *et al.* (no prelo, *apud* Adamy e Dantas, 2004), o embasamento Pré-Cambriano emerso pelo Alto Estrutural no setor Jirau-Abunã é constituído, principalmente, por rochas ígneas e polimetamórficas (gnaisse, granitos, quartzitos, granulitos e rochas básicas diversas) de idades Arqueana e Paleoproterozóica do Complexo Jamari.

Na zona próxima à calha do rio Madeira, entre a Cachoeira do Jirau e a Ilha do Paredão, aflora arenitos ortoquartzíticos da Formação Mutum-Paraná (metassedimentos), além de arenitos arcoseanos e conglomerados da Formação Palmeiral. Trata-se de coberturas sedimentares cratônicas plataformais de idade Mesoproterozóica. A jusante, observa-se que a Cachoeira do Jirau é composta essencialmente por rochas intrusivas ácidas da Suíte Intrusiva São Lourenço-Caripunas (granitos sub-alcalinos) e por estar situado no plano de um lineamento estrutural de direção E-W, sugere que este nível de base local tenha sido gerado por uma reativação neotectônica de um antigo plano de falha.

Granitos Rondonianos de idade Meso a Neoproterozóica intrudiram o embasamento polimetamorfizado do Complexo Jamari, sendo sua ocorrência mais freqüente nos terrenos da margem esquerda do rio Madeira, possuindo destaque especial por apresentarem mineralizações de cassiterita.

A sedimentação quaternária é restrita, tanto nesta seção do rio Madeira como em seus tributários, devido ao seu posicionamento no Alto Estrutural. Nesse contexto, excetua-se a Bacia de Abunã, entre as localidades de Mutum-Paraná e Abunã, que apresenta uma espriada superfície aluvionar, em sua margem direita, evidenciando claramente a assimetria de deposição entre ambas as margens do rio. Essa extensa área de sedimentação indica a presença de um

bloco subsidente com basculamento para nordeste (Latrubesse, 2000, *apud* Adamy e Dantas, 2004).

A localização do segmento de interesse do rio Madeira no Alto Estrutural Porto Velho-Guajará-Mirim propicia o desenvolvimento de um trecho do perfil longitudinal do rio Madeira com gradiente um pouco mais elevado, ocorrência de níveis de base locais e um canal de padrão retilíneo e encaixado com inflexões de meandros e cotovelos estruturais. Essas características da morfologia do canal refletem um marcante controle estrutural imposto ao canal (Adamy e Dantas, 2004) e favorecem a construção de hidrelétricas com alto potencial energético e reservatórios de dimensões reduzidas, gerando um baixo impacto ambiental.

As condições presentes neste trecho do rio Madeira favoreceram o trânsito de sedimentos ao longo do perfil longitudinal do canal, de modo que esparsas planícies de inundação foram geradas ao longo do segmento em análise, pois a competência do canal é muito expressiva. Adicionalmente, ressalta-se que, a despeito da contribuição de sedimentos advindos de tributários locais de baixa descarga sólida, do processo natural de erosão das margens do rio Madeira (fenômeno de “terras caídas”) e da erosão em áreas de garimpo, inquestionavelmente, a grande parte da descarga de sedimentos que conflui para o rio Madeira é proveniente do rio Beni, visto que sua bacia drena uma expressiva área da Cordilheira dos Andes. Outra característica destacável é o transporte de biomassa ao longo do canal (principalmente troncos e galhos), em especial, durante as cheias.

Com relação à formação do reservatório da barragem, uma atenção especial deve ser conferida às planícies de inundação do rio Madeira e dos baixos cursos dos tributários, bem como àquelas áreas situadas à retaguarda dos diques marginais, que são claramente mais elevados. Com a elevação e estabilização do nível da água do rio Madeira, como consequência do barramento das águas, tais áreas serão permanentemente inundadas, incorporando-as ao lago da hidrelétrica. Neste sentido, a extensa planície da Bacia Sedimentar do Abunã, em sua faixa limítrofe à zona permanentemente alagada, mesmo que relativamente distante do futuro local de implantação da AHE Jirau, constitui-se em área vulnerável a permanente inundação de suas porções mais deprimidas, como as áreas embrejadas, seja com campinas ou com umirizais. Até mesmo as áreas levemente mais elevadas, dessa região, não-sujeitas à inundação permanente, tenderão a apresentar solos permanentemente saturados, com lençol freático sub-aflorante. Contribuirá, para isso, a estabilização do nível freático em cota elevada, com conseqüentemente maior dificuldade de escoamento das águas pluviais e das ondas de cheias (Adamy e Dantas, 2004).

Foram assinaladas, ainda, áreas de ocorrência de Areais Brancos com Escoamento Impedido, definidos como Unidades de Intemperismo. Estas áreas deprimidas, em posição de interflúvio, apresentam mantos de alteração *in situ* de complexa evolução pedológica e geoquímica, originando Espodossolos, os quais, em geral, são recobertos por vegetação gramíneo-arbustiva ou de campinarana (Adamy e Dantas, 2004), termo usado para descrever um tipo de vegetação com fisionomia, estrutura e florística similares às campinaranas hidromórficas da Amazônia, contendo, porém, algumas espécies típicas dos cerrados do Brasil Central (Leme Engenharia Ltda., 2005).

Em linhas gerais, pode-se caracterizar o perfil geológico-geotécnico da margem direita do rio Madeira, na região do AHE Jirau, preponderantemente, como uma camada de colúvio de origem aluvionar, com espessura variando entre 2 e 10 m, assentada diretamente sobre a rocha sã ou sobre sedimento aluvionar com espessura variando entre 7 e 10 m. Nesses casos, o embasamento cristalino situa-se a profundidades entre 2 e 20 m, sendo mais freqüentes profundidades entre 2 e 10 m. Também foi observada, embora com menor freqüência, a presença de afloramentos de rocha sã.

As sondagens a trado executadas na margem esquerda do rio, em áreas de topografia suave, indicaram a ocorrência de sedimento aluvionar com espessuras variando de 0 a 6,0 m, sobrejacente ao embasamento cristalino.

Quanto aos recursos hídricos subterrâneos da região, regionalmente foram identificadas sete unidades hidrogeológicas, a partir do cadastramento de poços amazonas (cacimbas). Na região de Mutum-Paraná e Abunã, ocorrem de forma mais expressivos os aquíferos intergranulares descontínuos livres. Esta unidade é constituída de sedimentos quaternários inconsolidados das Formações Jaci-Paraná e Rio Madeira. Em virtude da proximidade do lençol freático à superfície, este aquífero se torna mais vulnerável à contaminação.

4.3.2 - Justificativa

Na formação de um reservatório, a elevação e o rebaixamento do nível das águas nesse corpo promovem uma nova pressão hidrostática, que atua sobre o sistema hidrogeológico próximo à bacia de inundação, desencadeando tanto reajustes passageiros, em curto prazo, como mudanças permanentes, em longo prazo. De modo geral, porém, o resultado predominante é a elevação generalizada do nível freático (Madeira Energia S. A., 2008).

Tais modificações, por um lado, podem provocar impactos positivos nas atividades de extração de água e beneficiar algumas culturas. Da mesma forma, também podem gerar impactos negativos quando comprometem a qualidade da água e o aproveitamento das terras. Em especial, nas faixas próximas ao reservatório, onde o nível da água subterrânea tende a aflorar ou quase aflorar, devido às alterações induzidas pela formação do novo lago, esses impactos tendem a produzir conseqüências negativas, principalmente nos terrenos já ocupados, com prejuízos de ordem geotécnica, sanitária e agrônômica.

No caso específico do AHE Jirau, o enchimento do reservatório promoverá a submersão de parte dos taludes que margeiam o rio Madeira, assim como provocará a elevação do lençol freático (ou aquífero freático) e a saturação dos solos sedimentares na Área de Influência Direta (AID) do futuro reservatório.

O fenômeno de inundação pode ocorrer logo após o enchimento do reservatório, e será sentido, principalmente, na vila de Mutum-Paraná, em cujos arredores já existem diversos baixios e pequenas lagoas. Poços rasos que são utilizados para abastecimento doméstico da população poderão ser afetados.

O AHE Jirau operará com nível de água variável no reservatório, por intermédio de uma *Curva Guia do Reservatório (Figura 4.3-1)* de modo que o remanso provocado pelo reservatório não altere os níveis d'água atuais do rio Madeira, para a vazão média mensal de cada mês, a montante de Abunã, na divisa com a Bolívia, e de seus afluentes bolivianos.

As características de temporalidade do reservatório do AHE Jirau serão ditadas pela variabilidade dos níveis operativos (82,50 m a 90,00 m) em contraposição inversamente proporcional às vazões afluentes (5.600 a 33.600 m³/s). Dessa forma, rebaixando-se o nível d'água no reservatório à medida que aumenta a vazão afluente, e vice-versa, o reservatório ficará sempre limitado ao trecho a jusante da foz do rio Abunã.

No período de estiagem, cujo pico é em setembro, considerando-se o N.A. mínimo normal na El. 82,50 m e a vazão média mensal estimada em 5.600 m³/s, o reservatório estender-se-á por cerca de 140 km a montante da usina. A área estimada do reservatório, nessas condições, será de cerca de 176,9 km².

No período de cheias, em janeiro, considerando-se o reservatório com N.A. máximo normal na El. 90,00 m e a máxima vazão média mensal estimada em 23.900 m³/s, o reservatório estender-se-á

até cerca de 122 km a montante da usina. A área estimada do reservatório, nessas condições, será de cerca de 302,6 km².

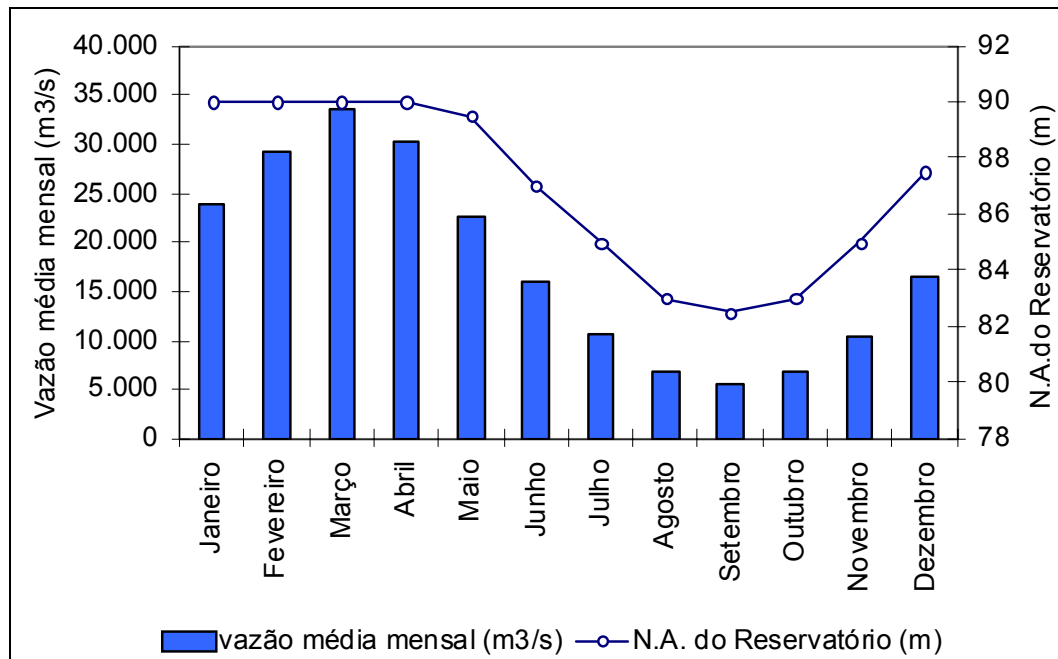


Figura 4.3-1 - Curva Guia do Reservatório.

Neste contexto, com relação à formação do reservatório, atenção especial deve ser conferida às planícies de inundação situadas nas margens do rio Madeira e nos baixos cursos dos tributários, pois, serão exatamente essas as regiões onde se manifestarão, de modo mais intenso, os efeitos induzidos tanto pelo enchimento inicial do reservatório como pela variação de seu nível operacional. As regiões de maior interesse são aquelas limítrofes às zonas permanentemente inundadas do reservatório, nas zonas onde ocorrerão as maiores diferenças na cota do nível d'água, ou seja, mais próximas ao eixo da barragem.

No caso do futuro reservatório do AHE Jirau, com o represamento das águas na cota 90 m (N.A. máximo), que corresponde à cheia máxima do rio Madeira, poderá haver elevação regional do nível freático, transformando áreas hoje secas, e em uso para moradia, agricultura e/ou outras finalidades, em áreas permanentemente alagadas ou saturadas.

Com a elevação do nível d'água em áreas de lençol sub-aflorante, haverá a formação de áreas úmidas que, eventualmente, permanecerão inundadas ou inviabilizarão solos produtivos, pelo encharcamento, ou prejudicarão a vegetação não adaptada a estas condições.

O presente estudo pretende caracterizar a influência do enchimento do reservatório do AHE Jirau na dinâmica de fluxo dos aquíferos da região, por meio de um programa de monitoramento das variações do nível freático. Os dados coletados permitirão identificar os locais afetados no entorno do reservatório, bem como a dimensão de tal fenômeno.

O presente Programa ainda prevê o monitoramento periódico da qualidade das águas subterrâneas, uma vez que a elevação do nível d'água poderá desencadear a contaminação do lençol freático, devido, por exemplo, ao afogamento de fossas sépticas e negras, aterro de resíduos, cemitérios etc.

Os impactos negativos citados poderão ainda ser potencializados pelo fato de boa parte dos terrenos da região, na área do reservatório e no seu entorno, serem constituídos, em sua grande maioria, de material arenoso, os quais são sabidamente porosos e permeáveis, facilitando o fluxo da água subterrânea e respondendo de modo mais rápido aos efeitos induzidos pelo reservatório.

Deste modo, os possíveis efeitos do enchimento do reservatório de Jirau serão quantificados por meio do Programa de Monitoramento do Lençol Freático, sendo analisados à luz das características hidrogeológicas locais. As informações produzidas neste estudo serão utilizadas objetivando a preservação dos patrimônios existentes, a conservação do meio ambiente, e a prevenção de transtornos para a comunidade local, em particular, das populações ribeirinhas.

4.3.3 - Objetivos

O Programa de Monitoramento do Lençol Freático tem como objetivo identificar a influência do enchimento e operação do reservatório do AHE Jirau sobre o sistema aquífero livre local.

Esse intento será alcançado por meio de medições periódicas, da profundidade do nível d'água e do comportamento de parâmetros de qualidade da água do sistema aquífero livre, em áreas críticas do entorno do reservatório, alterando profundamente a saturação dos solos, inclusive, podendo causar o completo alagamento destes.

As informações coletadas subsidiarão as análises de efeitos secundários induzidos, tais como a perda de produtividade de solos agricultáveis e danos à vegetação nativa, devido ao afogamento do sistema radicular da vegetação adjacente e a eventual contaminação da água subterrânea, pelo contato desta com estruturas e resíduos da ocupação antrópica anterior ao enchimento do reservatório.

4.3.4 - Metas

As metas principais do Programa são as seguintes:

- a) Efetuar o monitoramento da profundidade do nível do lençol freático durante um ano antes do enchimento, acompanhar a fase de enchimento - prevista para um período de um mês - e após o enchimento do reservatório, por um período de 4 (quatro) anos, abrangendo as áreas mais sensíveis à elevação do nível do lençol freático;
- b) Efetuar o monitoramento da qualidade da água subterrânea, com enfoque no lençol freático da região de Mutum-Paraná, conforme parâmetros da Resolução Conama 396/2008 (Conama, 2008), com base em poços selecionados em função do uso atual (cemitério, térmica e serrarias, entre outros);
- c) Propor ações corretivas para as situações anômalas detectadas no monitoramento efetuado, quando pertinente.

4.3.5 - Base Legal

Além da legislação geral aplicável ao licenciamento ambiental de empreendimentos com significativo impacto ambiental, aonde se inserem as condicionantes estabelecidas pelo IBAMA na Licença Prévia - LP Nº 251/2007, outros diplomas legais relevantes para este Programa são a Resolução CONAMA 396 de 2008, que define as classes de qualidade de águas subterrâneas e estabelece os parâmetros mínimos que as qualificam, bem como normas técnicas que tratam das melhores técnicas para a implantação da instrumentação que permitirá o monitoramento do lençol freáticos, como as normas NBR 15495-1 e 15495-2 (ABNT, 2007 e 2008) que tratam do projeto, construção e desenvolvimento de poços de monitoramento da água subterrânea.

4.3.6 - Âmbito de Aplicação

O monitoramento do lençol freático será executado em uma faixa estreita em torno da área de formação do reservatório do AHE Jirau, concentrando-se os pontos de observação por meio de MNAs e PMs nos locais aonde se espera que a ascensão do nível freático se faça sentir de modo

mais significativo, seja em termos de dimensão física, seja em termos de impacto potencial ao uso do solo e à capacidade de sustentação da flora e da vida silvestre.

Esta área se encontra internamente ao limite traçado em vermelho na (Figura 4.3-2).

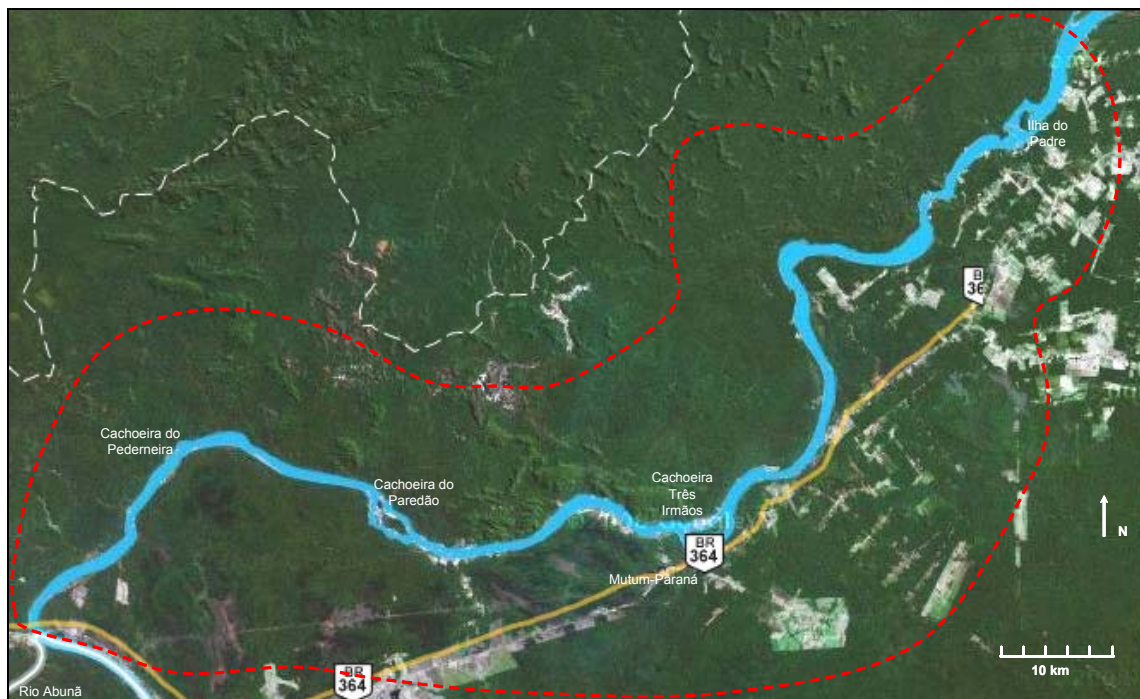


Figura 4.3-2 - Área de estudo, delimitada em vermelho.

4.3.7 - Aspectos Metodológicos

O monitoramento da profundidade do nível d'água será realizado por meio da implantação de uma rede de Medidores de Nível de Água (MNA), a serem instalados em furos executados por meio de sondagens a percussão, rotativas ou a trado, dependendo da geologia local. As especificações tanto dos MNAs como dos PMs são apresentadas na Figura 4.3-3.

Os MNAs serão locados conforme diretrizes a seguir:

- a) Locais com maior potencial de elevação do nível d'água subterrânea, devido à formação do reservatório, definidos em função do conhecimento da geologia e hidrogeologia locais;

- b) Locais com maior potencial para impactos ambientais negativos em áreas sensíveis, seja devido à flora, seja por tratar-se de áreas com uso de pecuária, cultivos agrícolas e áreas urbanas.

Na aplicação de ambos os critérios acima, as condições de acesso determinarão a localização exata e, quando justificável, a mudança de sua localização.

Para viabilizar a coleta de amostras de água subterrânea do aquífero livre, para análise da qualidade da água subterrânea dos pontos de interesse, serão instalados Poços de Monitoramento (PM), de diâmetro superior ao dos MNAs (Figura 4.3-3).

Os poços de monitoramento abrangerão exclusivamente as atuais regiões urbanizadas da Área de Influência Direta (AID), mais especificamente a vila de Mutum-Paraná, onde as modificações de carga hidráulica podem gerar problemas como inundação de fossas, contaminação de poços rasos (cacimbas), saturação de cemitério, saturação de áreas contaminadas, como a área da Usina Térmica a Diesel, criação de águas empoçadas que favoreçam a proliferação de vetores (um grande problema de saúde pública na região), além da inutilização de terras cultiváveis localizadas externamente ao perímetro inicial de desapropriação.

Cada equipamento instalado, MNA ou PM, deverá ser objeto de locação e nivelamento topográfico, para a confecção de mapa potenciométrico. É importante lembrar que a cota do nível d'água (ou carga hidráulica) deve ser referenciada ao nível do mar; portanto, no perfil construtivo do MNA ou PM e nos boletins de medição da profundidade do nível d'água, é essencial identificar-se todos os dados necessários aos cálculos (cota do terreno, altura da boca do poço, profundidade do nível d'água e referência utilizada para a medição da profundidade - se o terreno, boca do poço etc.).

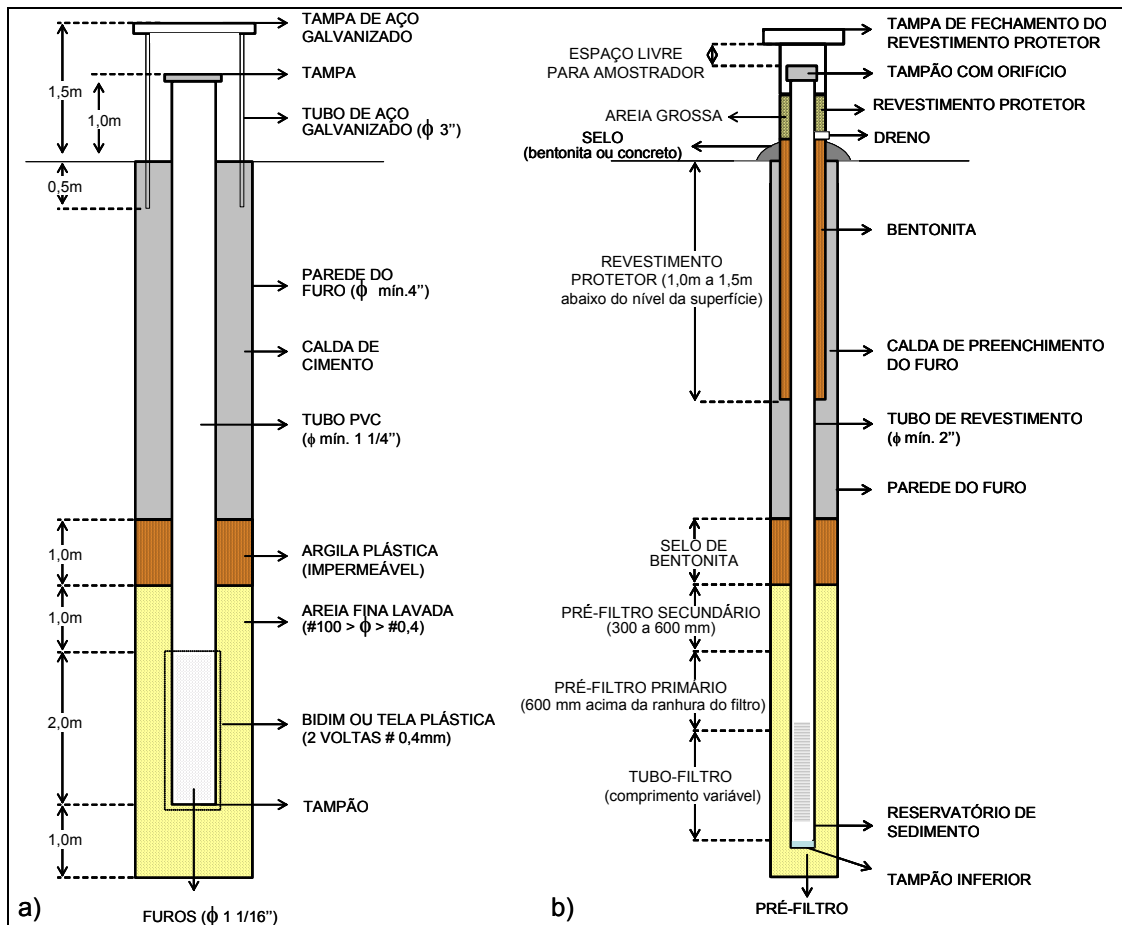


Figura 4.3-3 - Modelos de: (a) Medidor de Nível de Água (MNA); e (b) Poço de Monitoramento.

Os MNAs e PMs serão do tipo simples, com profundidades de cerca de 10 a 20 metros ou mais, dependendo da profundidade do nível freático. Quando justificável, pela identificação de mais de um aquífero, poderá ser necessária a implantação de MNAs ou PMs do tipo multinível. Sua construção deve seguir as recomendações da NBR 15495-1 e 15495-2 (ABNT, 2007 e 2008) que tratam do projeto, construção e desenvolvimento de poços de monitoramento da água subterrânea em aquíferos granulares. Além disso, devem ser protegidos por tampas com cadeado e construção de cercas.

A utilização de poços de produção ou cacimbas existentes deve ser avaliada com cuidado. Por um lado, no caso do monitoramento da profundidade do lençol freático, a exploração do poço altera as medidas de profundidade do nível d'água. Por outro lado, no caso de coleta de amostras, deve ter certeza que o perfil construtivo permita o correto isolamento do poço de produção, de modo a evitar contaminação superficial. Recomenda-se que a instalação dos MNAs e PMs não seja feita

próxima de poços de produção (poços profundos e cacimbas), de forma a não sofrer a citada influência do bombeamento.

No total, entre MNAs e PMs, sugere-se a instalação de 45 instrumentos, conforme indicado na **Figura 4.3-4**. Os PMs também poderão ser utilizados para as medições da profundidade do nível d'água.

Na área de influência da barragem será implantado um programa específico de segurança hidrogeotécnica que abará a instalação e monitoramento de piezômetros na própria barragem e no seu entorno, sendo desnecessária a implantação de instrumentos de monitoramento dentro do programa em análise.

O acompanhamento dos resultados desse programa permitirá identificar eventuais alterações e impactos decorrentes de alterações na dinâmica dos aquíferos nessa região.

O **Quadro 4.3-1** apresenta uma síntese das características do sistema de instrumentos de monitoramento proposto para este Programa.



Figura 4.3-4 - Pontos de monitoramento do lençol freático.

Quadro 4.3-1 - Características do sistema de monitoramento do lençol freático no entorno do reservatório do AHE Jirau

Ponto	Instrumentação*	Margem	Uso do solo / Vegetação
P1	Mt	D	Pastagem
P2	Mt	E	Floresta
P3	Mt	D	Pastagem
P4	Mt	D	Pastagem
P5	Mt	D	Pastagem
P6	Mt	D	Pastagem
P7	Mt	D	Pastagem Cultura Campinarana
P8	Mt	D	Pastagem Cultura
P9	Mt	D	Pastagem Cultura
P10	Mt	D	Pastagem Cultura
P11	Mt	D	Campinarana
P12	Mt	D	Campinarana
P13	Mt	D	Área urbana Campinarana
P14	Mt	E	Floresta
P15	Pm	D	Área urbana
P16	Pm	D	Área urbana
P17	Pm	D	Área urbana

*Mt - 3 Medidores de Nível d'Água em seção, conforme Figura 4.3-5.

*Pm - Poços de Monitoramento (para coleta de água subterrânea).

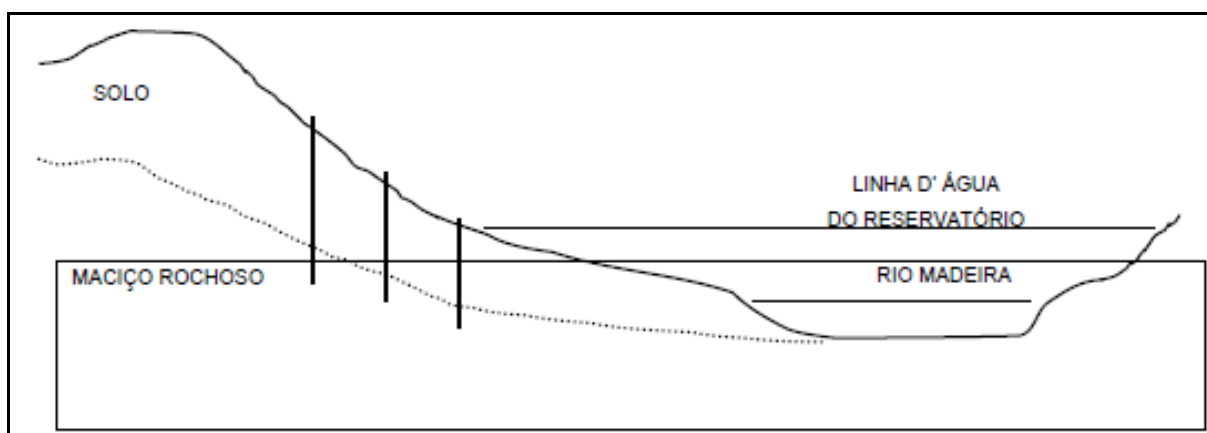


Figura 4.3-5 - Posição sugerida para os MNAs, em conjuntos de três, ao longo das margens do rio Madeira.

Ressalta-se que a localização dos poços (Figura 4.3-4) é indicativa, e sua efetiva implantação dar-se após inspeção de campo que comprove a viabilidade de sua execução, considerando-se fatores como acesso, topografia detalhada, entre outros.

Dependendo dos resultados dos monitoramentos, poços adicionais poderão ser instalados ou realocados.

4.3.8 - Indicadores de Avaliação e Resultados

O monitoramento do nível d'água subterrânea nos MNAs e PMs deverá ocorrer em quatro campanhas trimestrais na fase pré-enchimento, para 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 - cujo prazo previsto é de um mês, deverá haver uma campanha de monitoramento em alguns MNAs e PMs a ser selecionados com base na campanha de monitoramento antes do enchimento. Após o enchimento, a periodicidade será mensal, durante o primeiro ano após o enchimento, trimestral durante os dois anos subsequentes, e semestrais durante o último ano.

As campanhas de coleta de água para o monitoramento da qualidade da água subterrânea, concentradas na região de Mutum-Paraná, serão realizadas duas vezes ao ano. Será monitorado um ano antes do enchimento do reservatório e 4 anos no pós-enchimento. As coletas serão semestrais.

Comprovando-se a estabilização do nível freático, o monitoramento da profundidade do nível d'água e da qualidade da água subterrânea será concluído.

Os resultados de ambos os monitoramentos serão armazenados em banco de dados informatizado, visando a sua importação para ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Em cada campanha de coleta e análise de amostras de água subterrânea, deverá ser prevista a coleta de duas amostras de controle de qualidade de campo (branco de campo e branco de equipamento). Todas as amostras deverão ser preservadas de acordo as melhores práticas aceitas.

As amostras iniciais de água subterrânea deverão ser coletadas somente 10 dias após a instalação e desenvolvimento dos poços de monitoramento.

Todos os laudos analíticos das amostras de água subterrânea deverão estar de acordo com o definido na norma ISO - IEC 17025, devendo necessariamente ser identificado o local (endereço

completo e referência geográfica) onde foi coletada a amostra, acompanhado da ficha de recebimento de amostras (“*check list*”), emitida pelo laboratório no ato de recebimento das mesmas e da cadeia de custódia referente às amostras coletadas, devidamente preenchidas e assinadas.

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

No monitoramento do lençol freático, deverão ser adicionalmente observados os seguintes aspectos:

- a) Qualidade e acompanhamento técnico durante a perfuração dos poços de observação, atendendo às normas aplicáveis;
- b) Acompanhamento e avaliação da alteração da superfície potenciométrica, de modo a se determinar a necessidade de eventuais estudos complementares locais.

4.3.9 - Público-Alvo

O estudo da influência do enchimento do reservatório visa a atender profissionais ligados a construção e operação do empreendimento, em prol de benefícios às comunidades do entorno do futuro reservatório, a qual deverá ser anualmente informada sobre os resultados do Programa, por meio dos mecanismos de Comunicação Social do Empreendedor.

4.3.10 - Relatórios

Durante a execução desses estudos serão apresentados 18 relatórios técnicos com a apresentação das atividades desenvolvidas e dos resultados parciais obtidos, com as respectivas análises e, quando necessário, a indicação das ações corretivas ou mitigatórias dos impactos identificados. Um Relatório Final consolidará os resultados finais do Programa.

4.3.11 - Cronograma

O Cronograma de desenvolvimento deste Programa está apresentado no **Anexo 1**.

4.3.12 - Interface com Outros Programas

O Programa de Monitoramento do Lençol Freático se correlaciona com os seguintes programas integrantes deste PBA: Programa de Conservação da Flora, Programa de Comunicação Social e Educação Ambiental e o Plano de Uso do Entorno do Reservatório.

4.3.13 - Equipe Técnica para a Execução do Programa

Desde que atendidos os requisitos técnicos para execução das atividades previstas, deverá ser dada prioridade às parcerias locais para a contratação de mão-de-obra e serviços previstos:

- a) Execução de sondagens e instalação de MNAs e PMs;
- b) Locação e nivelamento topográfico de MNAs e PMs;
- c) Execução das campanhas de medições da profundidade do nível d'água e coleta de amostras de água subterrânea;
- d) Execução das análises laboratoriais da qualidade da água subterrânea.

As atividades constantes do Programa de Monitoramento do Lençol Freático deverão ser realizadas sob a coordenação de um geólogo ou hidrogeólogo. Prevê-se, ainda, a necessidade de um tecnólogo em gestão ambiental, bem como de um motorista e de um técnico de nível básico para apoio às atividades de campo.

Os deslocamentos em campo serão efetuados com apoio de veículo tracionado e barco.

Em especial, deverá ser providenciada infra-estrutura de campo para a refrigeração das amostras de água subterrânea a serem coletadas, bem como para o seu envio aos laboratórios analíticos em tempo hábil.

Nas atividades de escritório, será necessário o apoio de desenhista, para confecção dos mapas.

Em particular, enfatiza-se a conveniência de parcerias com a Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e demais universidades locais.

4.3.14 - Referências Bibliográficas

ADAMY, A.; DANTAS, M. E. 2004. **Geomorfologia - Setor Jirau**. CPRM. Porto Velho, 80p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. 2007. **Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1: Projeto e construção NBR15495-1**. Rio de Janeiro: ABNT, 25p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. 2008. **Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 2: Desenvolvimento NBR15495-2**. Rio de Janeiro: ABNT, 24p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2008. **Resolução Nº 396, de 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Consulta realizada em outubro de 2008.

LEME ENGENHARIA LTDA. 2005. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau**. Relatório no interesse de Furnas e Odebrecht.

MADEIRA ENERGIA S.A. - MESA. 2008. **PBA Santo Antônio - Seção 3 - Programa de Monitoramento do Lençol Freático**. 16p.

4.3.15 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa

Técnico	Formação	Função	Registro de classe/ Registro IBAMA
Valdir Akihiko Nakazawa	Geólogo	Programa de Recuperação da Infraestrutura Atingida / Programa de Acompanhamento dos Direitos Minerários e da Atividade Garimpeira / Programa de Monitoramento do Lençol Freático	Crea: 06013239201 IBAMA: 118317

ANEXOS

ANEXO 1 - CRONOGRAMA

ÍNDICE

4.4 - Programa de Monitoramento Sismológico	1/18
4.4.1 - Introdução	1/18
4.4.2 - Caracterização da Área	1/18
4.4.2.1 - Aspectos Geológico-Estruturais.....	1/18
4.4.2.2 - Aspectos Sismológicos.....	3/18
4.4.3 - Justificativas	8/18
4.4.4 - Objetivo	8/18
4.4.5 - Metas	9/18
4.4.6 - Base Legal	10/18
4.4.7 - Âmbito de Aplicação	10/18
4.4.8 - Procedimentos e Metodologia	10/18
4.4.8.1 - Procedimentos	10/18
4.4.8.2 - Fase 1 - Período Anterior à Formação do Reservatório	11/18
4.4.8.3 - Fase 2 - Período de Enchimento do Reservatório.....	12/18
4.4.8.4 - Fase 3 - Período de Operação	12/18
4.4.9 - Equipamentos	13/18
4.4.10 - Prazo para Instalação do Sistema	13/18
4.4.11 - Indicadores	13/18
4.4.12 - Público-Alvo	14/18
4.4.13 - Relatórios/Produtos	14/18
4.4.14 - Cronograma.....	14/18
4.4.15 - Interface com Outros Programas	14/18
4.4.16 - Equipe Técnica para a Execução do Programa.....	15/18

4.4.17 - Referências Bibliográficas	15/18
4.4.18 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa	18/18

ANEXOS

Anexo 1 - Cronograma

4.4 - PROGRAMA DE MONITORAMENTO SISMOLÓGICO

4.4.1 - Introdução

A área de implantação do AHE Jirau está em uma região sismotectônica inserida no Cráton Amazônico. O quadro de sismicidade desta região é muito pouco conhecido, basicamente devido a dois fatores: ausência de registros históricos e instrumentais e poucos estudos sobre o tema. A região é muito pouco povoada e as primeiras estações sismográficas foram instaladas no início da década de 1980 (Barros et al., 2008). O primeiro catálogo de terremotos da região foi compilado por Stenberg (1953), onde muitos dos eventos catalogados se tratavam de grandes terremotos ocorridos na região Andina e sentidos na Amazônia (Berrocal et al., 1983 e 1984).

4.4.2 - Caracterização da Área

4.4.2.1 - Aspectos Geológico-Estruturais

Segundo COSTA e HASUI apud CPRM (1999), a Região Amazônica foi afetada por outro importante evento extensional, no Paleozóico, o que resultou no desenvolvimento das bacias dos rios Solimões, Amazonas, Parnaíba, Alto Xingu e Parecis.

Os processos que culminaram na abertura do oceano Atlântico e separação dos continentes sul-americano e africano perfazem a evolução mesozóica da região. Foram gerados, através desses processos, desnivelamentos de blocos, com surgimento de altos e depressões, sedimentação e magmatismo (ALMEIDA apud CPRM 1999). Os indícios dessa reativação tectônica, relacionada à abertura do oceano Atlântico, estão presentes pela superposição de falhas e fraturas de orientação WNW e NE e por magmatismo juro-cretáceo, seguidos por uma sedimentação com características continentais fluvial e eólica.

A compreensão do arcabouço neotectônico da Região Amazônica é importante para o entendimento dos aspectos evolutivos relacionados à gênese das coberturas cenozóicas. Os movimentos neotectônicos só se desenvolveram após o período de estabilidade do Oligoceno propiciando o desenvolvimento de estruturas diversas que afetaram as rochas pré-cambrianas, paleozóicas e mesozóicas, conseqüentemente controlando a sedimentação e influenciando no desenvolvimento dos sistemas de relevo e drenagem atuais.

Na região do Estado de Rondônia e adjacências, são caracterizadas áreas transpressivas e transtensivas, causadas por dois eventos de movimentação – o primeiro, do Mioceno/Plioceno, e o segundo, do Pleistoceno Superior/Recente, com o resgate, em determinadas áreas de linhas de fraquezas, especificamente susceptíveis a reativações.

A atividade neotectônica para o período Mioceno/Plioceno desenvolveu-se sob a atuação de um campo tensional decorrente possivelmente da interação colisional entre as placas de Nazca e Sul-Americana, com imposição de um vetor compressional NE-SW. Como consequência desse quadro tectônico, foram gerados abatimentos de blocos nas regiões norte/nordeste e sul/sudoeste do Estado de Rondônia, com a ocorrência de depocentros (Planície do Guaporé) e regiões peneplanizadas.

Outra nova fase de estabilidade, relativamente curta, domina o período entre o Plioceno Superior e o Médio, com o desenvolvimento de uma superfície de laterização.

A retomada da atividade neotectônica no Pleistoceno Recente desenrolou um modelo admitindo a atuação de um vetor compressivo NW/SE, responsável pelo estabelecimento de um binário transcorrente dextral com direção geral E-W (gerado pela rotação da plataforma Sul-Americana para oeste), lineamentos transtensivos dextrais NE-SW, falhas normais de direção em torno de SW-SE e falhas inversas NE-SW. É marcante, nessa última fase, o abatimento expressivo de várias regiões, tal como o baixo Madeira, com anomalias significativas na morfologia e morfometria das redes de drenagem que constituem os sistemas deposicionais fluviais desses domínios.

Novas reativações subseqüentes, a partir de fenômenos geológicos 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 seção do rio Madeira compreendida entre a cachoeira do Jirau e a localidade de Abunã está inserida no Megalineamento Itacoatiara (Igreja & Catique, 1997; Bemerguy et al., 2002) e enquadra-se na Unidade Morfoestrutural Alto Estrutural Guajará Mirim - Porto Velho (Quadros et al., 1996; Souza Filho et al., 2002). O alto estrutural representa uma porção do embasamento soerguida por tectônica durante o Cenozóico, sendo que o rio Madeira, neste trecho, encontra-se num vale encaixado, marcado por corredeiras e planícies de inundação restritas, revelando um ajuste ao nível de base regional.

4.4.2.2 - Aspectos Sismológicos

A maior parte dos terremotos ocorre ao longo de estreitas faixas que dividem a litosfera em, aproximadamente, 12 grandes regiões, as chamadas placas litosféricas. Nas bordas das placas litosféricas, ocorre um grande acúmulo de esforços pela interação entre elas, originando os terremotos, quando esses esforços ultrapassam o limite de rigidez das rochas.

No final do Jurássico, há 135 milhões de anos, o paleocontinente Gondwana foi fragmentado e um processo distensivo subdividiu em vários blocos continentais que hoje são representados pela América do Sul, África, Antártida, Madagascar, Austrália e Índia. Como resultado dessa separação de continentes surgiu o oceano Atlântico, que se originou em função de um mecanismo, que a partir da cadeia médio-oceânica, empurra em sentidos opostos o continente sul-americano e africano. Em função desse processo, o continente sul-americano passou e está passando por vários ambientes geológicos de geração e de formação de rochas e cadeias de montanhas. Uma das conseqüências atuais disso são os terremotos e os vulcões que hoje acontecem na região andina situada na borda de placa tectônica.

No interior das placas, os esforços normalmente não são suficientes para gerar uma grande quantidade de terremotos. É o que ocorre, por exemplo, no Brasil. Situado no meio da placa Sul-Americana, que vai da região dos Andes, a oeste, até o centro do oceano Atlântico Sul, a leste, o Brasil está longe das bordas e, portanto, distante dos grandes terremotos. O território brasileiro apresenta hoje, uma relativa estabilidade, mas já passou por grandes perturbações tectônicas e intensa atividade vulcânica. Mas isso não significa que não ocorram, atualmente, sismos no Brasil.

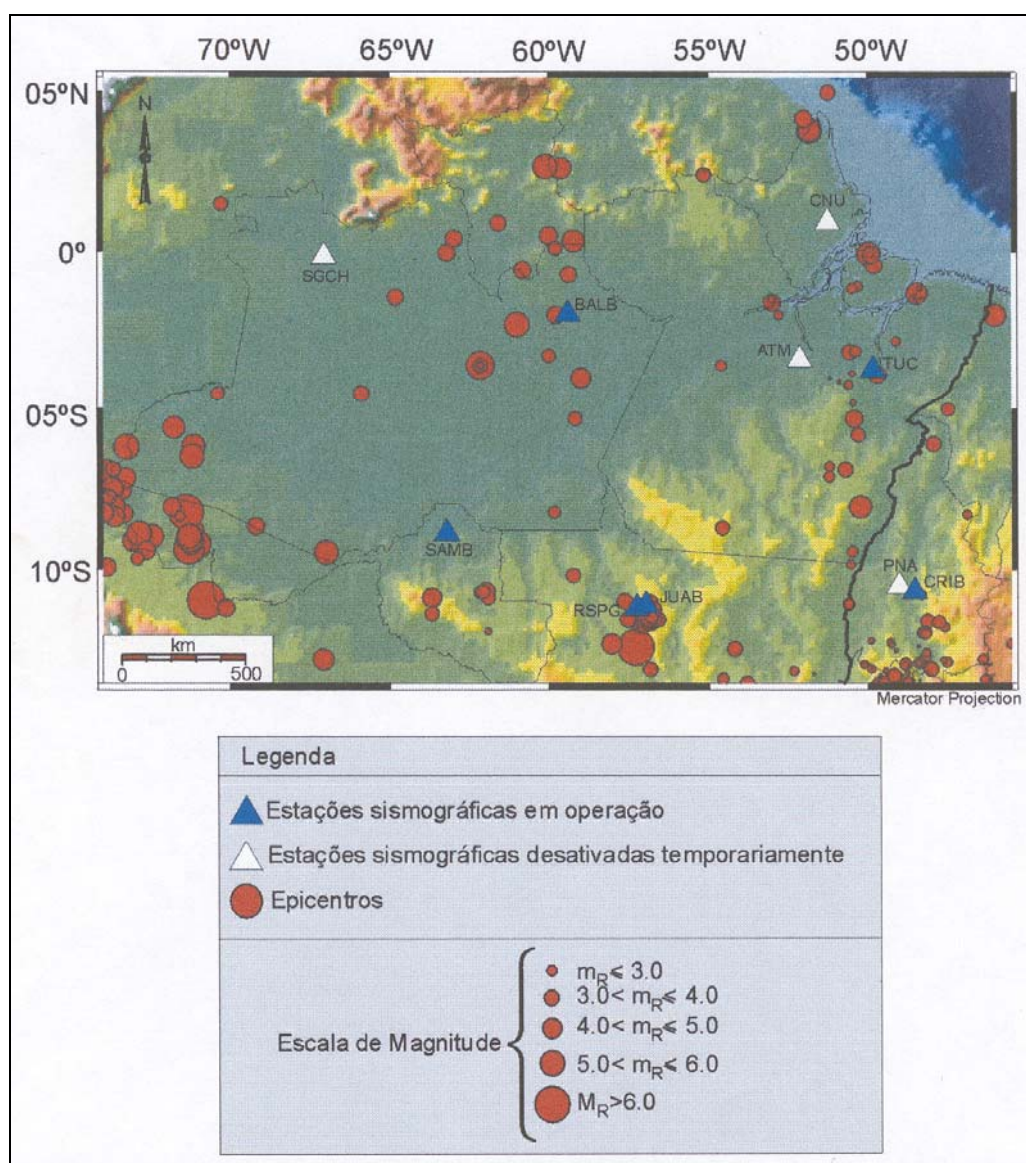
Os tremores no País são reflexos de fortes terremotos ocorridos principalmente na Cordilheira dos Andes, no Chile, e também pela reativação e movimentação de falhas geológicas antigas. De qualquer forma, a probabilidade de o Brasil ser atingido por um terremoto catastrófico é remota. A grande parte dos sismos brasileiros é de pequena magnitude (< 5 mb). Comumente, ocorre a baixa profundidade (<30 km) e, por isso, são sentidos até poucos quilômetros do epicentro.

O histórico de sismos com epicentro no Brasil mostra que, no século XX, foram registradas atividades sísmicas com magnitudes atingindo até 6,2 na escala Richter (Assumpção e Suarez, 1988). Entretanto, a maior parte desses sismos não ultrapassa a magnitude de 4,0 m_b e, normalmente, acarretam poucos efeitos observáveis na superfície.

A maioria dos dados e informações sobre a sismicidade da Amazônia tem sido obtida por pesquisadores do Observatório Sismológico (SIS) da Universidade de Brasília (UnB) através de

estações sismográficas permanentes e móveis, situadas principalmente em áreas de reservatórios. O baixo índice de atividade sísmica da região pode estar relacionado à situação – região intraplaca; distribuição irregular e incompleta da rede sismográfica brasileira; e à densidade demográfica baixa de grande parte da área em estudo.

A Figura 4.4-1 apresenta a localização epicentral dos eventos sísmicos ocorridos na Amazônia desde 1832, data do primeiro evento reportado na região. Também são mostradas as localizações das estações sismográficas que operaram e operam atualmente na região.



Fonte: Barros, 2001_A

Figura 4.4-1 - Localização Epicentral dos Eventos Sísmicos Ocorridos na Amazônia desde 1832

De acordo com o banco de dados sismológicos (catálogo de sismos atualizado por Marcelo Assumpção até 2007 - Departamento de Geofísica da Universidade de São Paulo) para o período entre os anos de 1774 e 2007 nos estados de Rondônia, Acre, Amazonas e Mato Grosso, a maioria dos eventos registrados é de baixa magnitude ($< 5,5$ mb), com hipocentros na crosta superior (< 15 km de profundidade), excetuando-se os sismos profundos da região oeste do Estado do Acre. Dois tipos de sismicidade natural ocorrem na região Sismotectônica do Amazonas (Berrocal et al., 1984). A primeira, localizada na fronteira Brasil-Peru, é caracterizada por sismos com magnitudes $m_b > 6,0$, resultantes de tectonismo profundo associado à subducção da placa de Nazca sob a placa Sul-Americana. Estes sismos apresentam profundidades focais da ordem de 500 - 650 km e não causam grandes intensidades na superfície ($Io < 5$ na escala Mercalli Modificada). O segundo tipo é representado pela sismicidade intraplaca da Placa Sul-Americana. Os sismos resultantes relacionam-se ao complexo regime de esforços que se desenvolvem no interior da Placa Sul-Americana determinado pela integração dos esforços que se desenvolvem em suas bordas (expansão do assoalho do oceano Atlântico e zona de subducção Andina), que resultam na reativação de estruturas tectônicas antigas e geração de outras.

O sismo com maior magnitude registrado na região Sismotectônica do Amazonas ($m_b = 6,2$) ocorreu em 31/01/55, na serra do Tombador, localizada na bacia Fanerozóica dos Parecis, centro-norte de Mato Grosso. Cerca de 100 km, a NE do epicentro de 1955, localiza-se outra fonte sismogênica importante, denominada por Barros et al, 2008, de Zona Sísmica de Porto dos Gaúchos (ZSPG). Na ZSPG vêm sendo observado uma sismicidade recorrente, provavelmente, desde 1959, dois anos após a chegada dos primeiros colonizadores na Gleba Arinos (atual cidade de Porto dos Gaúchos), ano em que foi sentido um sismo com intensidade V (MM) (Barros, et al., 2005). Em 10 de março de 1998 e em 23 de março de 2005 dois terremotos de magnitudes 5,2 mb e 5,0 mb e intensidades (MM) VI e V, respectivamente ocorreram na ZSPG. O Observatório Sismológico da UnB estudou com redes locais as atividades de réplicas para estes dois terremotos. Estudos de mecanismo focal (Barros & Paz, 2006), de estruturação crustal (Barros & Rancan, 2004; Barros & Caixeta, 2003) e de fonte sísmica (Barros, 2005) indicaram que estes sismos ocorreram no embasamento cristalino do craton Amazônico (onde o pacote sedimentar da bacia dos Parecis tem uma espessura máxima de 2 km), a uma profundidade máxima de 6 km, que esses dois sismos tiveram a mesma fonte sísmica e que ambos ocorreram ao longo de falhas transcorrentes dextrais, cujo SHmax tem orientação aproximadamente E-W, concordantes com os estudos de modelamento de esforços na placa Sul-Americana realizados por Coblenz & Richardson, 1996; Assumpção, 1992 e Stefanick, 1992. Esta região do Cráton Amazônico é considerada uma das mais sísmicas do Brasil, tanto em termos de magnitude quanto de

frequência sísmica (Barros et al., 2001c). O terremoto da Serra do Tombador ocorreu de forma isolada, que somado à recorrência sísmica na ZSPG, hipótese tem sido levantadas sobre a possibilidade de esse sismo ter epicentro na ZSPG ou bem próximo dela, considerando-se a bias na localização de sismos nesta região. O terremoto de 1998 foi localizado pelo International Seismic Center (ISC), usando dados de 176 estações da rede Mundial de Sismógrafos, com um erro de 30 km na direção SW, i.é, na direção do epicentro do terremoto de 1955. A orientação dos esforços que ocasionaram o terremoto de 1955 indicou compressão segundo direção E-W, compatível com a direção de esforço predominante em toda a placa Sul-Americana (Mendiguren e Richter, 1978). A segunda maior magnitude registrada ($m_b = 5,5$) ocorreu em 08/08/83 (Assumpção et al., 1983). O epicentro foi localizado no meio da Bacia do Amazonas, na região de Codajás (AM). Estudo de mecanismo focal permitiu interpretar que o sismo foi gerado por um falhamento inverso com eixos compressionais orientados segundo NNE-SSW (Assumpção et al., 1983), significativamente diferente do sismo de Porto dos Gaúchos. O desvio para o norte na orientação dos esforços regionais, de orientação predominante E-W, estaria, segundo Zoback & Richardson (1996), relacionado com uma intrusão magmática no meio do Rift Amazônico.

Do total de sismos ocorridos e registrados na região onde se insere a All do empreendimento, muitos não foram instrumentados. Entretanto, com os dados disponíveis, é possível considerar uma média sismicidade natural na região, com intensidade sísmica entre 4 e 5 MM.

Essa intensidade sísmica, entre 4 e 5 MM, corresponde a uma aceleração no terreno da ordem de 0,03-0,04g e velocidade 2,5cm/s (5 MM). A intensidade sísmica é uma classificação dos efeitos causados pelas vibrações sísmicas, como sensações causadas nas pessoas, danos nas construções e mudanças permanentes no terreno.

O sismo de intensidade 4 é sentido por quase todos, produzindo vibrações parecidas com as da passagem de caminhões pesados, em que janelas, louças e portas são sacudidas. Em relação ao sismo de intensidade 5, as pessoas acordam; pequenos objetos tombam e caem das prateleiras. Venezianas e quadros movem-se. Objetos suspensos oscilam bastante. Podem ocorrer eventuais danos em construções comuns de má qualidade.

De acordo com a tabela de zona sísmica do Uniform Building Code de 1971, grande número de capitais brasileiras é classificado como zonas de baixa sismicidade - zona sísmica 1 (um). Para efeito de comparação, Santiago e Valparaíso, no Chile têm valor 4.

A partir das informações compiladas, pode-se admitir que a sismicidade na região em estudo, do ponto de vista da Engenharia Civil (construção de hidrelétricas, termelétricas, dutos), é pouco significativa.

Entretanto, face às propriedades do ambiente sismo-tectônico da região, considera-se possível a ocorrência de sismos induzidos por reservatórios-SIR em futuras barragens e reservatórios a serem construídos nas áreas de interesse, porém, é pouco provável que os eventos de tipo SIR, se acontecer, tenham magnitudes maiores do que o nível esperado pela sismicidade natural da área.

Numa avaliação em primeiro grau de aproximação, pode-se considerar que, em geral, para as condições sismotectônicas e a população de barragens existentes no Brasil (aproximadamente 400 barragens e 20 casos de SIR), corresponde uma probabilidade, “a priori”, de 5% (ou menos) de haver SIR para cada nova barragem construída.

Com base nos estudos geológicos regionais, faltam ainda evidências de que o atual estado de tensões cisalhantes das rochas esteja próximo a rupturas ou reativações. Pode-se prever, todavia, que a probabilidade de ocorrência de sismos induzidos de grande magnitude é muito baixa, tendo em conta a dimensão do reservatório e os registros históricos disponíveis. Em geral, a maior probabilidade de ocorrência destes eventos restringe-se aos três primeiros anos de formação do reservatório (sismicidade de estado inicial). Entretanto, sismos induzidos podem acontecer vários anos após o enchimento inicial do reservatório (sismicidade de estado estável). No Brasil, o caso mais conhecido é o do reservatório de Carmo do Cajuru/MG (20 m de altura e 0,2 km³ de volume), onde os primeiros sismos ocorreram 17 anos após o enchimento inicial do lago (Barros, 2001b).

No caso específico dos sismos induzidos, deve-se ressaltar que, caso ocorram, deverão se manifestar, preferencialmente, dentro ou nas margens do lago; a uma distância máxima de 20 km, podendo eventualmente haver migração epicentral. A maior probabilidade é que os sismos ocorram na área mais profunda do lago, onde os efeitos mecânicos (peso da massa d'gua) e hidrostáticos (pressão de poro) são maiores.

A partir da consulta bibliográfica observa-se que o reservatório do AHE Jirau com o volume de 2.015 x 10(6) m³ e profundidade média de 17 m não se enquadra nos que se apresentam com maior probabilidade de ocorrência de sismos induzidos.

As estações estão localizadas próximas a hidrelétricas que, após o represamento de grande volume de água, podem provocar sismicidade induzida por reservatórios. Ainda que seja um fenômeno raro, os especialistas sugerem a implantação de uma rede sismográfica para monitorar a região antes e depois do enchimento do reservatório.

4.4.3 - Justificativas

Na região não são registrados sismos naturais de grande magnitude, entretanto, a Área de Influência Indireta - All do AHE Jirau apresenta significativas discontinuidades geológico-estruturais como falhas e diáclases.

A ocorrência de sismos induzidos por reservatórios pode estar relacionada a tais feições geológico-estruturais e também devido ao histórico de eventos naturais registrados regionalmente. Mesmo em regiões de baixa sismicidade natural estes eventos podem ocorrer. Sismos induzidos não são causados pelo reservatório e sim desencadeados ou disparados, pois, somente ocorrem onde existem condições favoráveis; falhas submetidas a esforços próximas do limite de ruptura. Um sismo induzido seria um sismo natural que poderia ocorrer na área de influência do reservatório em algum tempo futuro.

Considerando os aspectos geológico-estruturais, a proximidade relativa da Cordilheira dos Andes - área reconhecida de alta atividade sísmica, e 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, justifica-se desenvolver um Programa de Monitoramento Sismológico.

Nesse programa seria recomendável a instalação de, pelo menos, três sismógrafos em áreas selecionadas no âmbito da All do empreendimento, preferencialmente nas proximidades do reservatório.

4.4.4 - Objetivo

O objetivo principal deste Programa é caracterizar e acompanhar através do monitoramento sismográfico em nível local e regional, a evolução das atividades sísmicas naturais e induzidas, antes, durante e após o enchimento do reservatório do AHE Jirau.

Dentre outros, serão necessários os seguintes procedimentos:

- atualização dos eventos sísmicos registrados na região em um raio de 350 km do eixo da barragem;
- levantamento da área para escolha do local apropriado para a instalação das estações sismográficas;
- acompanhamento e leitura dos sismogramas gerados pelos sismógrafos para detectar possíveis atividades sísmicas induzidas durante e após o enchimento do reservatório;
- avaliação dos dados sismológicos obtidos;
- fornecer subsídios ao Programa de Comunicação Social para realização de campanha de esclarecimentos à população.

4.4.5 - Metas

- Definir as condições específicas de monitoramento que devem ser adotadas.
- Determinar epicentros e magnitudes de sismos que possam, de alguma forma, afetar a estrutura da barragem e/ou as populações de áreas circunvizinhas ao empreendimento.
- Medir as acelerações sísmicas no eixo da barragem.
- Avaliar as intensidades, por meio da aplicação de questionários sísmicos, causadas por terremotos naturais ou induzidos na Área de influência Indireta do empreendimento.
- Correlacionar, quando possível, 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.
- Desenvolver campanha de esclarecimentos sobre sismicidade natural e induzida, dirigida à população da área de influência do aproveitamento.

4.4.6 - Base Legal

Não existe requisito legal para a proposição deste programa.

4.4.7 - Âmbito de Aplicação

O monitoramento sismológico visa a avaliar a atividade sísmica natural na Área de Influência Indireta do AHE Jirau, durante o período de pelo menos 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 3 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. Ao final desses três anos deverá ser feita uma avaliação do nível da sismicidade, se houver, com vistas à continuidade ou não do monitoramento.

Além de verificar a eventual ocorrência de sismos induzidos pelo enchimento do reservatório, o programa se propõe a 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.

4.4.8 - Procedimentos e Metodologia

4.4.8.1 - Procedimentos

O reservatório a ser formado quando da construção da barragem de Jirau (área de aproximadamente 258 km²) deverá ser permanentemente monitorado por uma rede composta por três estações sismográficas e uma estação acelerográfica. Isso deve-se à necessidade de localizar os eventos que possam ocorrer no local de interesse da futura barragem.

O monitoramento em nível local deverá ser apoiado pelo monitoramento regional, utilizando-se o conjunto de dados registrados pela estação de rastreamento da Universidade de Brasília - UnB no interior de uma região com raio de cerca de 400 km, centrada na Usina Hidrelétrica Jirau, mais especificamente na barragem.

Os novos sismógrafos deverão ser instalados nas imediações do reservatório a ser formado a fim de quantificar a atividade sísmica natural antes do seu enchimento. Para a escolha do local da

futura rede sismográfica, será realizado uma inspeção de campo com a participação de técnicos do empreendedor e da Universidade de Brasília. Nesse levantamento, deverá haver o cuidado de aproveitar a infra-estrutura já existente.

Além das condições geológico-estruturais deverão ser considerados os seguintes requisitos para escolha do local para a estação sismográfica: baixo nível de ruído, facilidade de acesso, condições topográficas para transmitir dados à rede de microondas ou a uma estação central de registro.

Durante o enchimento e por, pelo menos, 3 anos subseqüentes, deverão ser feitas observações das possíveis atividades sísmicas naturais e/ou induzidas, utilizando-se a estação a ser instalada e os dados registrados pelo rastreamento da UnB.

O procedimento metodológico no monitoramento terá como base a observação e acompanhamento da atividade local durante três fases da existência do AHE Jirau.

4.4.8.2 - Fase 1 - Período Anterior à Formação do Reservatório

A sismicidade natural estudada no período anterior à construção da barragem permitirá fazer uma estimativa do perigo sísmico (seismic hazard) na região de interesse (mapa com as máximas acelerações esperadas produzidas por terremotos possíveis na região), que, combinado com a avaliação de vulnerabilidade da obra, permitirá o estudo de risco sísmico (seismic risk). Para tanto, será feita uma análise do catálogo sísmico brasileiro atualizado, com considerações sobre os seus níveis de cobertura e completitude, determinação da relação frequência x magnitude (Gutenberg e Richter, 1945) e estimativa dos valores de probabilidade de ocorrência de danos materiais significativos que possam danificar uma estrutura construída no local escolhido para a barragem.

O conhecimento e acompanhamento da sismicidade natural (sismos ocorridos no passado até o presente) antes do início da construção da barragem são necessários para que se possa conhecer o “nível de base” ou “nível zero” de atividade sísmica naquela área. Dessa forma, estará estabelecida a atividade regional, que servirá de base para as duas fases seguintes.

Para a realização desse acompanhamento, serão necessários os seguintes procedimentos operativos:

- Assinatura de Convênio com a Fundação Universidade de Brasília - UnB.

- Atualização da listagem dos sismos naturais através do catálogo sísmico brasileiro, publicado na revista brasileira de geofísica.
- Inspeção de campo para escolha dos locais para instalação dos equipamentos.
- Instalação e operação da rede sismográfica pelo menos um ano antes do enchimento, composta por três estações sismológicas e uma estação acelerográfica.

Os sinais captados pelos sensores, nas estações sismográficas e acelerográfica, serão digitalizados e enviados para o campus da UnB, usando links de satélite, onde serão gravados.

- Análise e interpretação de dados com vistas à elaboração de Relatórios Trimestrais de Acompanhamento.

Nesta fase será realizado o monitoramento da atividade sísmica local.

A programação de explosões ocorridas na obra deverá ser fornecida para auxiliar na discriminação entre eventos tectônicos (naturais) e artificiais (explosões) detectados pelas estações. São parâmetros relevantes a serem fornecidos: horário de realização das detonações, latitude e longitude dos pontos de fogo, bem como a carga usada com tempos de retardos. Estes dados também serão usados no estabelecimento de um modelo de velocidades para o local.

4.4.8.3 - Fase 2 - Período de Enchimento do Reservatório

Nesta fase é feito um acompanhamento do enchimento do reservatório e uma possível relação com o a atividade sísmica local, verificando se trata de atividade natural ou induzida.

4.4.8.4 - Fase 3 - Período de Operação

Tendo sido feito o enchimento do reservatório, o acompanhamento da atividade sísmica local deve ter continuidade por pelo menos três anos. Nessa fase será feito 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.

4.4.9 - Equipamentos

Serão utilizados para o monitoramento proposto neste programa três estações sismográficas e uma estação acelerográfica.

Caso haja necessidade de um monitoramento mais preciso, se o nível de atividade sísmica dentro do reservatório aumentar significativamente - caso considerado 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 tria-xiais de banda larga.
- 3 condicionadores de sinais, com digitalizadores de alta resolução (24 bits), ampla faixa dinâmica (mínimo de 130 dB), equipados com GPS interno e com memória interna e previsão para envio de dados por satélite ou rádio digital.
- 1 notebook.

As estações terão um sistema de alimentação solar, composto de baterias, regulador de carga e painéis solares.

As estações serão instaladas dentro de abrigos com dimensões 2 m x 2 m, para os instrumentos, o qual deve ter uma cerca de proteção de 10 m no entorno.

4.4.10 - Prazo para Instalação do Sistema

O sistema deverá estar operacional pelo menos um ano antes do início do enchimento do reservatório do AHE Jirau.

4.4.11 - Indicadores

- Ocorrência de sismos naturais e induzidos (dados relatados e registrados - históricos e atuais) em uma região circunscrita por um raio de 400 km a partir do local da barragem.
- Eventos sísmicos registrados por estação sismográfica instalada para controle de sismos locais e regionais.

- Dados estruturais locais e regionais (alinhamentos aeromagnéticos; presença de falhas, atitude das rochas) que indiquem uma possível relação sismo-estrutural na área de estudo.
- Relatos de pessoas sobre os efeitos dos tremores de terra sentidos na região.

4.4.12 - Público-Alvo

O público-alvo deste Programa compõe-se de:

- Órgãos públicos (IBAMA; Secretarias Estaduais de Meio Ambiente; Universidades; Prefeituras).
- Populações dos municípios abrangidos pela Área de Influência do empreendimento.

4.4.13 - Relatórios/Produtos

Os produtos resultantes do programa são relacionados a seguir.

- Relatórios Parciais (Trimestrais).
- 1 Relatório Consolidado das campanhas da Fase de Construção do Empreendimento.
- 1 Relatório Consolidado das campanhas da Fase de Operação do Empreendimento.
- 1 Relatório Final.

4.4.14 - Cronograma

O cronograma deste programa é apresentado no **Anexo 1**.

4.4.15 - Interface com Outros Programas

Este Programa relaciona-se com o Programa de Comunicação Social. A comunidade deverá ser informada sobre os resultados do monitoramento que serão divulgados por meio de campanha de esclarecimentos à população.

4.4.16 - Equipe Técnica para a Execução do Programa

A equipe técnica deverá contar com a participação de técnicos do empreendedor e da Universidade de Brasília.

A responsabilidade pela execução do programa é do empreendedor. No início das obras, este deverá assinar convênios com a Fundação Universidade de Brasília que será a instituição indicada pela instalação dos instrumentos assim como, responsável pelo monitoramento sismológico do empreendimento.

Prevê-se a participação dos seguintes profissionais:

- Um coordenador com experiência em estudos e programas ambientais relacionados ao meio físico (geólogo, geofísico, engenheiro ou físico).
- Dois técnicos especialistas em sismologia (sismologistas).
- Um geólogo com experiência sismos induzidos por barragens.

4.4.17 - Referências Bibliográficas

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. & 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. Sismicidade da região Centro-Oeste do Brasil, manuscrito não publicado, 1984.

Assumpção, M. et alli. 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. Terremotos no Brasil. *Ciência Hoje*, maio/junho de 1983.

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., 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.

Assumpção, M.,. The regional Intraplate Stress Field in South America. 97vol. B811.889-1903. 92

BARROS, L. V. & PAZ, R. N. Mecanismo focal composto da seqüência sísmica de 2006 em Porto dos Gaúchos/MT. In: 2º Simpósio da SBGf, Natal/RN, 21-23 de set. 2006.

BARROS, L. V. & RANCAN, C. C. Estudos crustais na área sismogênica de Porto dos Gaúchos/MT, baseados em Sísmica de Refração e Função do Receptor. 1º Simpósio Regional de Geofísica da SBGf, São Paulo/SP, 26-28 set/2004, 2004(b), 4 p.

BARROS, L. V. (2001a) - Estado do conhecimento da SIR de Tucuruí/PA e considerações sobre a possível sismicidade futura, face à elevação do nível d'água do Reservatório, Relatório Especial, Observatório Sismológico, Universidade de Brasília, 21pp.

BARROS, L. V. (2001b) - Sismicidade Induzida por Reservatórios - Caracterização e análise de casos no Brasil: Exame de Qualificação ao Doutorado em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 92pp.

BARROS, L.V. & CAIXETA, D. F. One-Dimensional Multilayer Velocity Model for Porto dos Gauchos/MT. 8th Intern. Congress of the Brazilian Geophysics Society, Rio de Janeiro/RJ, 14-18 set/2003, 2003, 6 p.

BARROS, L.V., Assumpção, M., Quintero, R. & Caixeta, D. F., The Intraplate seismic Zone of Porto dos Gaúchos in the Amazon Craton - Brazil, submitted to tectonophysics, 2008.

BARROS, L.V., Parâmetros de fonte do sismo de Porto dos Gúchos, de 10 de março de 1998, usando análise spectral de sinais. I Simpósio de Geofísica da SBGf, São Paulo, 2004, 5 p.

BARROS, L.V.; ASSUMPÇÃO, M. & QUINTERO, R. Recurrent seismicity in northern Mato Grosso State-Brazil. In: General Assembly, Santiago, Chile, 2-8 de out. 2005.

BARROS, L.V.; MARZA, V.; CAIXETA, D.F. & CARVALHO, J.M. Seismic Sequence in Porto dos Gaúchos/MT - Brazil After March/1998 Mainshock: Preliminary results. 6th Int. Congress of the Braz. Geophysics Society, 2001c. 4 p.

BERROCAL, J. et alli. Sismicidade do Brasil. Inst. Astronômico e Geofísico, USP, 320pp., 1984.
Bras. Geofísica, 1, 67-88, 1983.

COBLENTZ, D. D. & RICHARDSON, R. M. Analysis of the South American intraplate stress field. J. of Geoph. Res., Vol. 101, No. B4, p. 8643-8657, April 10, 1996.

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.

FERREIRA, J. M. Sismicidade do Nordeste do Brasil. Tese de Mestrado. Inst. Astronômico e Geofísico, USP, 192pp. 1983.

FURNAS, EIA/RIMA do AHE Santo Antonio e AHE Jirau, 2006.

HASUI, Y. e PONÇANO, W. L. Geossuturas e sismicidade no Brasil, In: Congr. Bras. Geol. Eng., 2, São Paulo, Anais ABGE/IPT, V. i, pág. 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.

MIOTO, J. A. Sismicidade induzida e risco sísmico. Ata da I Mesa Redonda sobre Risco Sísmico, São Paulo. Pág.20-34. 1980.

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.

STEFANICK, M. & JURDY, D.M. Stress observation and driving force models for South American Plate. Journal of the Geophysical Res., 97(B8), 11.905-11.913. 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.

VIOTTI, C. B. Sismicidade induzida por reservatórios: barragens de terra e sismicidade brasileira. *Construção Pesada*, novembro de 1980.

ZOBACK, L. M & RICHARDSON, R. M. Stress perturbation associated with the Amazonas and other ancient continental rifts. *Journal of Geophysical Research*, Arizona, Vol. 101, N°. B3, p. 5459-5475, March 10, 1996.

4.4.18 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa

Técnico	Formação	Registro em Conselho (ou RG)	Cadastro Técnico Federal (IBAMA)
Antonio Ivo de Menezes Medina	Geólogo	17.521 CREA-RJ	50157

ANEXOS

ANEXO 1 - CRONOGRAMA

ÍNDICE

4.5 - Programa de Monitoramento Climatológico	1/18
4.5.1 - Introdução	1/18
4.5.2 - Justificativas	1/18
4.5.3 - Objetivos.....	3/18
4.5.3.1 - Geral.....	3/18
4.5.3.2 - Específicos	3/18
4.5.4 - Metas	3/18
4.5.5 - Base Legal	3/18
4.5.6 - Âmbito de Aplicação	4/18
4.5.7 - Material e Métodos	4/18
4.5.8 - Indicadores	6/18
4.5.8.1 - Premissas	6/18
4.5.8.2 - Rede Regional de Monitoramento Meteorológico Existente.....	10/18
4.5.8.3 - Rede de Monitoramento do AHE JIRAU	11/18
4.5.9 - Público-alvo	15/18
4.5.10 - Relatórios e Produtos	15/18
4.5.11 - Cronograma.....	16/18
4.5.12 - Interface com outros Programas	16/18
4.5.13 - Equipe Técnica para Execução do Programa	17/18
4.5.13.1 - Responsabilidades	17/18
4.5.14 - Referências Bibliográficas.....	17/18
4.5.15 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa	18/18

ANEXOS

Anexo 1 - Cronograma

4.5 - PROGRAMA DE MONITORAMENTO CLIMATOLÓGICO

4.5.1 - Introdução

O monitoramento climatológico do AHE Jirau visa à complementar os dados climatológicos básicos para o aprofundamento do entendimento da dinâmica climática regional e, ainda, para fornecer dados mais consistentes para novos empreendimentos na bacia do rio Madeira.

Este programa foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA dos aproveitamentos hidrelétricos Santo Antônio e Jirau.

4.5.2 - Justificativas

Atualmente sabe-se perfeitamente que a eletricidade possui um papel vital para o desenvolvimento sócio-econômico das nações e as fontes renováveis de energia estão inseridas nesse papel de destaque, especialmente as hidrelétricas. Portanto, ao elaborar os modelos energéticos, deve-se considerar seus problemas de ordem social e ambiental.

No que diz respeito aos aspectos ambientais, a substituição de floresta tropical por uma lâmina de água certamente modifica o balanço de energia à superfície e, conseqüentemente, toda a caracterização do clima de uma localidade.

Os reservatórios são sistemas aquáticos modificados, extremamente complexos e dinâmicos, que apresentam as funções principais de manutenção da vazão dos cursos de água e atendimento às variações da demanda dos usuários. São construídos pelo barramento artificial de um vale natural ou pela formação artificial de lagos, não associados a uma bacia de drenagem natural e com vazões de efluentes sujeitas a controle.

A construção de reservatórios para diversos fins, entretanto, provoca a modificação dos ecossistemas naturais. Devido à grande dimensão dessas obras e à mudança do uso do solo em seu entorno, ocorrem impactos ambientais tanto durante a construção quanto após o início da operação, produzindo alterações hidrológicas, atmosféricas, biológicas e sociais, na região de construção e na área atingida pelo lago artificial.

A construção de barragens pode ocasionar alterações no ciclo hidrológico e no microclima de seu entorno.

As principais alterações microclimáticas potenciais consistem na modificação dos regimes dos ventos e de níveis de temperatura do ar, umidade, evaporação e radiação, o que provoca elevação de temperatura e aquecimento do solo. Nessas áreas poderá haver redução nas amplitudes térmicas, com aumento das temperaturas mínimas e queda das máximas absolutas, além da tendência à estabilização maior dos valores de umidade relativa do ar. Será possível ainda o aparecimento de nevoeiros ou névoas úmidas, podendo causar garoas ou chuveiros.

No caso de usinas hidrelétricas muito grandes (como, por exemplo, a Usina de Três Gargantas na China e Itaipu, entre o Brasil e Paraguai) a alteração se dá na quantidade de água que passa a evaporar naquela região onde se encontra o reservatório. O processo de evaporação mais intenso no local pode alterar sua temperatura e umidade, especialmente nas áreas mais próximas do reservatório, alterando conseqüentemente as correntes atmosféricas que passam por ele e o microclima da região. Além disso, os ventos poderão ser ligeiramente mais fortes devido à área de superfície do reservatório, que é maior que a área atual do leito do rio.

Na Hidrelétrica de Sobradinho, no semi-árido nordestino, o estudo da modificação do clima na região da represa indicou um aumento médio de 13% da pluviosidade junto as cidades próxima à barragem do lago (Remanso, Sento Sé e Xique-Xique) e um aumento das precipitações em 16% no trimestre mais chuvoso.

O EIA do AHE JIRAU destaca que o reservatório formado terá área variando entre 176,9 km² (no período de estiagem) e 302,6 km² (nas épocas de cheia).

Estimativas confiáveis de evaporação de lagos são essenciais no planejamento e gerenciamento de recursos hídricos e estudos de impacto ambiental.

Embora não estejam previstas mudanças significativas no clima em decorrência da implantação do AHE JIRAU, o monitoramento é necessário para a criação de um banco de dados climatológicos que permita acompanhar a evolução do clima para subsidiar a operação do empreendimento e avaliar alterações espaço-temporais, eventualmente promovidas por este ou decorrentes de mudanças climáticas regionais e globais.

Para tanto, deverá ser implantada uma rede de monitoramento meteorológico que ampliará as redes existentes na região, complementando os dados existentes. Os dados serão úteis tanto para o AHE JIRAU como para outros projetos e estudos, contribuindo ainda para o melhor embasamento dos prognósticos meteorológicos regulares e específicos e para as aplicações que deles se fazem, como o planejamento da operação e manutenção do reservatório hidrelétrico e sistema de alerta contra cheias.

4.5.3 - Objetivos

4.5.3.1 - Geral

- Acompanhar a evolução dos parâmetros climáticos locais e sua eventual correlação com a formação do reservatório do AHE JIRAU, ao mesmo tempo que se atende à Lei 9433/97 - Lei das Águas.

4.5.3.2 - Específicos

- Complementar e atualizar o diagnóstico climatológico da área do empreendimento.
- Embasar a quantificação dos impactos climáticos causados pela implantação do AHE JIRAU.
- Estabelecer um banco de dados meteorológicos.
- Fornecer informações climatológicas para outros programas ambientais e para a operação do AHE JIRAU.

4.5.4 - Metas

- Estabelecer a configuração da rede de monitoramento climatológico no âmbito da área de influência do empreendimento, em consonância às redes atualmente existentes e previstas para a região, com vistas a atender os propósitos efetivos de um PBA, que diz respeito basicamente ao empreendimento e suas relações com o ambiente.
- Propor as especificações técnicas e operacionais para a rede de monitoramento climatológico.
- Estabelecer um Programa de Monitoramento Climatológico que atenda os objetivos diretamente ligados ao AHE JIRAU e possa ser integrado a políticas regionais e nacionais de monitoramento do tempo e do clima.

4.5.5 - Base Legal

O monitoramento climatológico, por força da Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 e da Resolução nº 396 de 4 de dezembro de 1998 da ANEEL, deve ser estabelecido em obras de

geração de energia elétrica, sejam hidrelétricas, termelétricas ou nucleares, pois permite identificar eventuais alterações no clima do entorno do empreendimento.

Atende às exigências do IBAMA para a obtenção da Licença de Instalação.

4.5.6 - Âmbito de Aplicação

O Programa de Monitoramento Climatológico visa prioritariamente cobrir a área de influência direta do empreendimento, mas permitirá apoiar, indefinidamente, programas de gestão ambiental do Estado de Rondônia e do Governo Federal.

4.5.7 - Material e Métodos

O estabelecimento do Programa de Monitoramento Climatológico do AHE JIRAU tomou como base à existência de outros programas do gênero ou similares na área de influência do empreendimento e região, tendo sido levantadas as redes existentes ou propostas, sobre as quais foram identificadas as estações meteorológicas, hidrometeorológicas, hidrológicas e especiais, suas localizações, parâmetros, sistemática de operação e instituições mantenedoras.

Foram identificadas as redes existentes e pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Departamento de Controle do Espaço Aéreo do Comando da Aeronáutica (DECEA/COMAER), Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Rondônia (SEDAM), Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM) e Agência Nacional de Águas (ANA), bem como a rede proposta pelo AHE Santo Antônio.

O **Quadro 4-1** apresenta as identificações e características de cada estação, enquanto a **Figura 4.5-1** mostra a distribuição dessas estações em referência a localização do AHE JIRAU. Vale destacar que no **Quadro 4-1** foram incluídas as estações propostas no PBA do AHE Santo Antônio: 3 meteorológicas, 1 hidrológica e 1 de detecção de descargas atmosféricas.

A partir da identificação das redes existentes e propostas foi estabelecida a proposta de rede para o AHE JIRAU, que também levou em conta as características climatológicas da região.

Quadro 4-1 - Relação de estações de monitoramento na macro-região onde se situa o AHE JIRAU.

REF	EST	NOME	CARACT	LAT	LON	ALT	INSTITUIÇÃO	PARÂMETROS	OBS
1	AC	BOCA DO ACRE	MET	-8.77	-67.33	111	INMET	PATM-T-UR-PRP- DD-VV	ATIVA
2	AC	RIO BRANCO	MET	-09°52'	-067°54'	193	DECEA-COMAER	PATM-T-UR-PRP-RS-DD-VV	ATIVA
3	AC	RIO BRANCO	MET	-9.97	-67.8	160	INMET	PATM-T-UR-PRP- DD-VV	ATIVA
4	AM	BOA VISTA DO PACAAS	HIDROMET	-11.30	-64.88	-	SIVAM	PRP	ATIVA
5	AM	HUMAITÁ	MET	-7.55	-63.07	72	INMET	PATM-T-UR-PRP- DD-VV	ATIVA
6	AM	HUMAITÁ	HIDROMET	-7.50	-63.02	61	ANA	PRP	ATIVA
7	AM	HUMAITÁ	MET	-7.50	-63.02	61	INPE-ANA	PATM-T-UR-PRP-RS-DD-VV	ATIVA
8	AM	JURUNE	HIDROMET	-8.78	-65.90	-	SIVAM	PRP	INATIVA
9	AM	LÁBREA	MET	-7.25	-64.83	61	INMET	PATM-T-UR-PRP- DD-VV	ATIVA
10	RO	ABUNA	HIDROMET	-9.70	-65.35	152	ANA	PRP	ATIVA
11	RO	ARIQUEMES	MET	-9.94	-62.96	140	INMET	PATM-T-UR-PRP- DD-VV	ATIVA
12	RO	VILHENA (SBVH)	MET	-12°42'	-060°06'	615	DECEA-COMAER	PATM-T-UR-PRP-RS-DD-VV	ATIVA
13	RO	CALAMA	MET	-8.04	-62.9	-	AHE ST ANTONIO	PATM-T-UR-PRP-RS-DD-VV	PROPOSTA
14	RO	CALDEIRÃO	MET	-9.3	-64.5	-	AHE ST ANTONIO	PATM-T-UR-PRP-RS-DD-VV	PROPOSTA
15	RO	COSTA MARQUES	MET	-12.42	-64.23	145	SEDAM	PATM-T-UR-PRP-RS-DD-VV	ATIVA
16	RO	FAZENDA RIO BRANCO	HIDROMET	-9.88	-63.02	-	ELETRONORTE	PRP	ATIVA
17	RO	FLORIANO PEIXOTO	HIDROMET	-8.76	-63.90	-	SIVAM	PRP	INATIVA
18	RO	GUAJARÁ-MIRIM (SBGM)	MET	-10°47'	-065°17'	146	DECEA-COMAER	PATM-T-UR-PRP-RS-DD-VV	ATIVA
19	RO	PORTO VELHO (SBPV)	MET	-08°43'	-063°54'	88	DECEA-COMAER	PATM-T-UR-PRP-RS-DD-VV	ATIVA
20	RO	PORTO VELHO	MET	-8.79	-63.84	98	INMET	PATM-T-UR-PRP- DD-VV	ATIVA
21	RO	PORTO VELHO	HIDROL	-8.8	-63.9		AHE ST ANTONIO	PRP	PROPOSTA
22	RO	PORTO VELHO	DESC ATM	-8.8	63.9		AHE ST ANTONIO	RAIOS	PROPOSTA
23	RO	RIO NOVO	MET	-9.6	-65;4		AHE ST ANTONIO	PATM-T-UR-PRP-RS-DD-VV	PROPOSTA

Fontes: INMET, DECEA-COMAER, SIVAM, ANA, CPTEC/INPE, SEDAM, ELETRONORTE e UHE SANTO ANTONIO. Legendas:

MET - Estação Meteorológica; HIDROMET - Estação Hidrometeorológica; HIDROL - Estação Hidrológica; DESC ATM - Descargas Atmosféricas;

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia; DECAE-COMAR - Departamento de Controle do Espaço Aéreo/Comando da Aeronáutica;

SIVAM - Sistema de Vigilância da Amazônia; ANA - Agência Nacional de Águas; AHE SANTO ANTONIO - Aproveitamento Hidrelétrico Santo Antonio;

SEDAM - Secretaria de Estado de Meio Ambiente - RO;

PATM - Pressão atmosférica; T - Temperatura do Ar; UR - Umidade Relativa do Ar; PRP - Precipitação; DD - Direção do vento; VV - Velocidade do vento; RS - Radiação solar;



Obs.: Estações 13, 14 e 23 propostas no PBA do AHE Santo Antonio.

Figura 4.5-1 - Distribuição espacial das estações de monitoramento na macro região onde se situa o AHE JIRAU

4.5.8 - Indicadores

4.5.8.1 - Premissas

O clima possui forte influência nas potencialidades das regiões. Ele interage com os demais componentes do meio natural, em particular com o solo e a vegetação, as estruturas e os seres vivos.

A elaboração do Programa de Monitoramento Climatológico para o AHE JIRAU deve considerar três conceitos para diferenciar escalas climáticas de interesse do projeto:

- *Macroclima*, ou clima regional, que corresponde ao clima médio ocorrente num território relativamente vasto, exigindo, para sua caracterização, dados de um conjunto de postos meteorológicos; em zonas com relevo acentuado os dados macroclimáticos possuem um valor

apenas relativo, especialmente sob o aspecto agrícola. Inversamente, um mesmo macroclima poderá englobar áreas de planície muito extensas.

- *Mesoclima*, ou clima local, que corresponde a uma situação particular do macroclima. Normalmente, é possível caracterizar um mesoclima através dos dados de uma estação meteorológica. A superfície abrangida por um mesoclima pode ser muito variável, normalmente de áreas relativamente pequenas, podendo fazer referência às situações bastante particulares do ponto de vista de exposição, declividade ou altitude, por exemplo. Muitas vezes o termo topoclima é utilizado para designar um mesoclima onde a orografia constitui um dos critérios principais de identificação, como por exemplo o clima de um vale ou de uma encosta de montanha.
- *Microclima*, que corresponde às condições climáticas de uma superfície realmente pequena. Pode-se considerar dois tipos de microclima: microclima natural - que corresponde a superfícies da ordem de 10 m a 100 m; e, microclima da planta - o qual é caracterizado por variáveis climáticas (temperatura, radiação) medidas por aparelhos instalados numa cultura específica. O termo genérico de bioclima é utilizado para essa escala que visa o estudo do meio natural e das técnicas de cultivo.

4.5.8.1.1 - Redes de Observações

No Brasil, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) tem sido responsável, desde 1933, pela operação e manutenção de uma rede nacional de observação meteorológica.

A atuação do INMET é ditada no campo interno pelas diretrizes gerais traçadas pelas autoridades governamentais, dentro do programa básico de desenvolvimento nacional, e, no campo internacional, pelas recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM) - agência especializada da Organização das Nações Unidas, da qual o Brasil é membro.

A boa técnica de caracterização climatológica para atender a estudos ambientais recomenda a utilização, quando possível, do maior número possível de estações meteorológicas e do menor intervalo de tempo entre cada observação, numa escala temporal de um significativo número de anos, cujo limite pode variar de 5 anos (em áreas com regimes climatológicos anuais e sazonais bem definidos e pouco variáveis) a até 20-30 anos (em locais com regimes atmosféricos variáveis anual e sazonalmente). Mas, nem sempre tais bases de informações encontram-se disponíveis.

As observações de superfície são procedimentos sistemáticos e padronizados pela OMM no que diz respeito ao tipo de equipamento, às técnicas de calibração, à aferição, aos ajustes, ao manuseio, a procedimentos observacionais, aos horários de observação, ao tratamento dos dados, às correções, às estimativas, à transmissão e ao uso operacional. Tais medidas visam à obtenção de informações qualitativas e quantitativas referentes aos parâmetros meteorológicos capazes de serem comparadas e de caracterizarem plenamente o estado instantâneo da atmosfera.

Há dois tipos de Estações Meteorológicas de Superfície: as Estações Meteorológicas Convencionais e as Estações Meteorológicas Automáticas.

As Estações Meteorológicas Convencionais exigem a presença diária do observador meteorológico para coleta de dados e se dividem em classes de acordo com o número de elementos observados. As Estações de Primeira Classe são aquelas que medem todos os elementos do clima, enquanto as de segunda classe são aquelas que não realizam as medidas de pressão atmosférica, radiação solar e vento e as de terceira classe medem a temperatura máxima, a mínima e a chuva, também conhecidas como termo-pluviométricas.

Outro tipo de estação meteorológica é a Estação Meteorológica Automática com a coleta de dados totalmente automatizada. Nesse tipo de estação os sensores operam com princípios que permitem a emissão de sinais elétricos, que são captados por um sistema de aquisição de dados (Datalogger), possibilitando que o armazenamento e o processamento dos dados sejam informatizados. Apresenta como principal vantagem o registro contínuo de todos os elementos, com saídas dos dados em intervalos que o usuário programar. Os dados podem ser adquiridos localmente ou enviados, via sistema de comunicação (telefonia fixa ou móvel ou via satélite) a centrais receptoras, onde as informações são prontamente tratadas por softwares específicas, resultando em registros e gráficos que podem ser disponibilizados em seguida para o usuário.

A rede de estações meteorológicas de superfície do INMET encontra-se em processo de modernização, haja vista que até cerca de 5 anos, praticamente todas as estações existentes operavam de modo manual e com operação limitada a 3 observações por dia (horários de 09, 12 e 18 horas local), o que para estudos climatológicos e outras aplicações formava uma base de dados insatisfatória.

Muitas outras instituições, no entanto, em função de seus interesses operativos e científicos instalaram estações meteorológicas caracterizadas por uma ampla diversidade de parâmetros e regimes observacionais. Nesse contexto, a rede de estações de superfície do Comando da

Aeronáutica se mostra bem consistente, haja vista, operar em regime horário de observações nos principais aeroportos brasileiros desde a década de 50.

Com a evolução tecnológica, muitas outras formas de medição de parâmetros meteorológicos de superfície foram implementadas através de medições automáticas e remotas de superfície ou do espaço, empregando direta ou indiretamente os satélites meteorológicos.

As Plataformas Automáticas de Coleta de Dados (PCDs) são produtos do avanço tecnológico com o objetivo de monitoramento do tempo e do clima. As PCDs - Plataformas de Coletas de Dados surgiram da necessidade de inúmeras empresas e instituições em obter regularmente informações colhidas em lugares remotos ou espalhados por regiões muito grandes. O CPTEC/INPE gerencia o Sistema de PCDs do Brasil, integrado por redes meteorológicas, agrometeorológicas, hidrológicas e de bóias de mais de 100 usuários.

A combinação de todas as técnicas de monitoramento tem favorecido o conhecimento de inúmeros fenômenos atmosféricos, até então pouco entendidos, como o El Niño, a Zona de Convergência do Atlântico Sul, entre outros.

4.5.8.1.2 - Localização

De uma maneira geral, a localização de uma estação meteorológica automática obedece às mesmas normas utilizadas para a instalação de estações convencionais. Por suas características de mobilidade, as estações meteorológicas automáticas podem ser colocadas em qualquer lugar onde tenha fornecimento de energia elétrica, quando as mesmas não estiverem acompanhadas de painel solar. O painel solar alimenta uma bateria recarregável, para energizar os sensores também no período noturno e em dias nublados.

O local escolhido para instalação da estação meteorológica ou climatológica, seja ela convencional ou automática, deve ser representativo da área para onde as observações serão destinadas. Normalmente, tomam-se as seguintes precauções ao escolher a área de instalação:

- Evitar condições extremas de relevo;
- A área deve ser bem exposta, tendo longos horizontes, especialmente nos sentido leste-oeste;

- Evitar proximidade de maciços florestais, árvores isoladas e construções de alvenaria, que possam projetar sombra na área da estação ou interferir nas condições atmosféricas locais;
- A área deve ser plana e de fácil acesso e na mesma deve ser mantida grama sempre aparada.

4.5.8.1.3 - Parâmetros

O monitoramento meteorológico automático pode ser estabelecido para atender inúmeras aplicações, envolvendo parâmetros tais como: direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, radiação solar global, radiação ultravioleta, entre outros.

Para o setor que envolve os recursos hídricos, as recomendações do CT-HIDRO ressaltam a priorização dos parâmetros precipitação e evaporação, muito embora a presença de espelho d'água com superfície maior que a calha original possa acarretar alterações diretas no microclima do entorno do reservatório em variáveis como a umidade relativa do ar, temperatura e regime de ventos, entre outras. Tais alterações, dependendo da região, podem assumir maiores amplitudes espaciais.

As variações climáticas somente são constatadas em períodos bastante longos de observações, ficando assim comprovada a importância de estender-se o monitoramento por tempo indeterminado.

4.5.8.2 - Rede Regional de Monitoramento Meteorológico Existente

Atualmente, a macro-região onde se insere o AHE JIRAU dispõe de uma esparsa rede de monitoramento meteorológico, composta por 15 estações meteorológicas, 6 estações hidrometeorológicas, 1 estação hidrológica e 1 estação de detecção de descargas atmosféricas, totalizando 23 locais, praticamente envolvendo, à média e longa distâncias, o sítio de sua barragem. O conjunto dessas estações pode ser útil para o diagnóstico climático regional ou do macroclima e, principalmente, para aplicações gerenciais de curto-prazo, como, por exemplo, a previsão meteorológica, que leva em conta ainda a escala sinótica.

Como se pode verificar no **Quadro 4-1**, há uma razoável cobertura espacial na região, considerando, é claro, que as informações resultantes do monitoramento individual de cada estação possam ser divulgadas, sem restrições.

A estação meteorológica mais próxima do AHE JIRAU está proposta para instalação a cerca de 40 km a ESE. A segunda estação meteorológica mais próxima é aquela prevista para a localidade denominada Caldeirão, em Vila Primavera, a aproximadamente a 80 km a WSW do AHE JIRAU. Ambas ainda não existem, mas estão previstas no PBA do AHE Santo Antônio. De toda forma, contribuirão para a ampliação da rede de monitoramento regional ou macroclimática, deixando ainda, nessa escala, algumas áreas a serem cobertas pela instalação de outras estações. Nenhuma das estações existentes ou mesmo propostas fornece a devida cobertura para atender a avaliação das alterações de microescala ou no microclima de entorno do AHE JIRAU.

4.5.8.3 - Rede de Monitoramento do AHE JIRAU

A seleção dos locais de instalação das estações meteorológicas na área de influência do AHE JIRAU levou em consideração:

- As características climatológicas regionais, principalmente os regimes sazonais de ventos;
- A configuração das estações meteorológicas existentes e propostas pelo PBA do AHE Santo Antônio, principalmente em termos de localização e dos parâmetros monitorados;
- A oportunidade de ampliar a rede de estações de monitoramento meteorológico da região, contribuindo desse modo para o desenvolvimento de um Sistema de Alerta Meteorológico e de Enchentes.

4.5.8.3.1 - Localização

Conforme já fora mencionado anteriormente, o aumento da lâmina d'água decorrente da barragem do AHE JIRAU trará, potencialmente, implicações microclimáticas em seu entorno. As alterações de maior escala tendem a ser reduzidas ou nulas, mas, de todo modo, o maior adensamento da rede de monitoramento meteorológico existente permitirá comprovar essas afirmações, além de contribuir para o refinamento dos prognósticos regionais de tempo e clima.

Considerando o aumento da lâmina d'água no AHE JIRAU, haverá uma alteração imediata no balanço de energia à superfície e, conseqüentemente, no aporte de umidade para a atmosfera e em todos os demais elementos microclimáticos do entorno. Para conhecer essas alterações haverá a necessidade de instalação de uma Estação Meteorológica Automática na área do empreendimento, às margens do lago a ser formado.

A configuração dos ventos em escala regional mostra uma variação sazonal em direção e velocidade. Os ventos predominantes assumem uma significativa componente N, com as seguintes características: NNE em janeiro, NE em abril, NNE em julho e outubro. As velocidades médias são maiores nos meses de primavera e verão (1,8 m/s em outubro e 1,9 m/s em janeiro) do que nos meses de outono e inverno (0,3 m/s em abril e julho).

Tal circulação induz um aporte de umidade e calor para o setor sul, o que, de certo, implicará em alterações mesoclimáticas, ao que tudo indica, na área próxima e entorno a Mutum Paraná. Para essa área recomenda-se a instalação de uma segunda estação meteorológica. Seu posicionamento deverá se dar a cerca de 40 km a SSW do AHE JIRAU.

As localizações propostas para as 2 estações meteorológicas do AHE JIRAU são mostradas na **Figura 4.5-2**.



Figura 4.5-2 - Localização das estações meteorológicas propostas para o AHE JIRAU.

4.5.8.3.2 - Parâmetros

A estação a ser instalada na área do AHE JIRAU deverá monitorar continuamente os parâmetros: vento (direção e velocidade) em 2 níveis (2 m e 10 m), pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, radiação solar e evaporação da superfície líquida do lago (por meio de um evaporímetro flutuante).

A estação meteorológica a ser instalada nas imediações de Mutum Paraná deverá possuir a mesma configuração de parâmetros a ser proposto para o AHE JIRAU, a exceção do evaporímetro.

A instalação dessas duas (2) estações, incorporando pluviômetros, dispensaria a instalação de monitoramento pluviométrico complementar, haja vista que a região passará a ter uma densa e suficiente cobertura espacial da precipitação, principalmente se houver a integração das redes.

4.5.8.3.3 - Especificações Técnicas

Cada estação meteorológica deve ser completa, o que inclui tubulações, conexões, etc., com as seguintes características:

- a) Um (01) Sensor de direção do vento com cabo e suporte de fixação em alumínio anodizado.
- b) Um (01) Sensor de velocidade do vento, com cabo e suporte de fixação em alumínio anodizado.
- c) Um (01) Sensor de Pressão Atmosférica, com cabo e suporte de fixação em alumínio anodizado.
- d) Um (01) Sensor de temperatura, com cabo e suporte de fixação em alumínio anodizado.
- e) Um (01) Sensor de umidade relativa, com cabo e suporte de fixação em alumínio anodizado.
- f) Um (01) Pluviômetro, com cabo e suporte de fixação em alumínio anodizado.
- g) Um (01) Sensor de Radiação Solar, com cabo e suporte de fixação em alumínio anodizado.
- h) Um registrador flutuante automático de evaporação.

A estação meteorológica proposta para Mutum Paraná deverá conter os sensores de *a* a *g*.

Deverão ser observados os critérios apresentados no **Quadro 4-2**.

Quadro 4-2 - Recomendações a serem observadas para as estações meteorológicas do AHE JIRAU.

Especificação técnica	Atenda às recomendações da OMM
Documentação	Completa e com suporte ao usuário
Datalogger	Flexível e compatível com sensores e transdutores de diversas marcas e modelos
Software aplicativo	De distribuição gratuita ou de baixo custo, acompanhando o equipamento, interativo e com arquivos compatíveis com os aplicativos comerciais (planilhas eletrônicas e editores de texto, por exemplo)
Software para programação do datalogger	Interativo e com exemplos reais
Telemetria	Sistema híbrido, permitindo comunicação via rádio, celular, satélite, internet, interface serial e/ou outra interface isolada ou em conjunto
Garantia	maior ou igual a 3 anos
Certificado de calibração	Fornecer e atender às recomendações da OMM e/ou requisitos da ISO 17.025
Custos	Atualmente não existe necessariamente uma relação direta entre custo x qualidade

O acompanhamento das observações climáticas das estações do AHE JIRAU deverá ser feito conforme os seguintes procedimentos:

- Leitura diária de todos os instrumentos;
- Uniformização dos horários de observação;
- Verificação da coerência e consistência dos dados;
- Análises mensais de acompanhamento das variações dos elementos climáticos medidos nas estações.

Durante a operação das novas estações climatológicas deverão ser geradas séries históricas dos parâmetros medidos. Estes dados deverão ser coletados e analisados por equipe especializada. Caso haja interesse da ANEEL ou de qualquer outra instituição oficial e de pesquisa, os dados poderão ser encaminhados para integrarem o banco de dados da entidade.

Além das análises de rotina, deverão ser comparados os dados obtidos na estação meteorológica, preferencialmente antes e após a implantação do empreendimento, a fim de verificar as eventuais modificações ocorridas nas condições climáticas após o enchimento do lago.

O monitoramento deverá ser permanente, ou seja, enquanto o AHE JIRAU estiver em operação. O monitoramento das variáveis climáticas deverá começar, pelo menos, um ano antes do enchimento do reservatório.

Por não existirem normas no Brasil, os métodos e técnicas definidos para obtenção de cada parâmetro deverão ser os comumente usados no meio técnico e científico, os quais normalmente seguem as recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Os resultados do monitoramento deverão ser documentados em relatórios trimestrais gerenciais e a cada seis meses serão consolidados e encaminhados ao IBAMA, junto com demais relatórios dos programas ambientais. Todos os dados e relatórios serão arquivados em banco de dados, que ficará à disposição dos órgãos de controle ambiental estaduais e municipais.

Existe uma gama de fabricantes de estações meteorológicas amadoras e profissionais. O padrão a ser adotado no monitoramento em Jirau deve ser profissional e para tal os sistemas atualmente disponíveis apresentam características e qualidades muito semelhantes. Dentre os fabricantes de estações e sensores meteorológicos recomenda-se as seguintes marcas e representantes no Brasil: Met One (representante: ENERGÉTICA - Rio de Janeiro - RJ), Thies Clima (representante: JCTM - Belford Roxo - RJ), Vaisala (representante: HOBECO - Rio de Janeiro - RJ), Campbell (representante: Campbell do Brasil - São Paulo - SP). Global Water (representante: JCTM - Belford Roxo - RJ).

O custo médio de mercado de aquisição de uma estação meteorológica com sensores e sistema de armazenamento e comunicação de dados varia de US\$ 15.000,00 a US\$ 30.000,00 (Preço FOB). Deve-se acrescentar os custos de instalação, treinamento e manutenção, que varia de um a outro fornecedor.

4.5.9 - Público-alvo

AHE JIRAU, Governo de Rondônia, Governo Federal e usuários locais e regionais.

4.5.10 - Relatórios e Produtos

A operação da Rede de Monitoramento Climatológica do AHE JIRAU deverá gerar uma consistente base de dados mensais, que deverá subsidiar a elaboração de Relatórios Trimestrais contendo os aspectos introdutórios, a descrição de cada estação, os resultados do monitoramento na forma de gráficos, tabelas e textos explicativos, conclusões, bibliografia e anexos. Os Relatórios

Trimestrais produzidos até o enchimento do lago do AHE JIRAU deverão ser consolidados e caracterizados como Relatório Climatológico da Fase de Implantação. Na medida do possível, os Relatórios Trimestrais deverão contemplar os resultados das redes de monitoramento existentes e em operação na região.

Relatórios Semestrais deverão ser produzidos e entregues ao IBAMA ao longo da Fase de Implantação do empreendimento.

Para a Fase de Operação deverão ser elaborados Relatórios Anuais, de preferência ajustando-os ao calendário base (janeiro a dezembro).

4.5.11 - Cronograma

O Cronograma do programa de Monitoramento Climatológico é apresentado no **Anexo 1**, e deverá contemplar as Fases de Implantação e Operação.

4.5.12 - Interface com outros Programas

O Programa de Monitoramento Climatológico se destina o AHE JIRAU, muito embora se recomende sua integração com outros programas públicos e privados, existentes e propostos no âmbito do Estado de Rondônia.

No âmbito específico do AHE JIRAU, o Programa de Monitoramento Climatológico apresenta interface com os seguintes programas:

- Programa de Monitoramento do Lençol Freático;
- Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico;
- Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico;
- Programa de Monitoramento Limnológico;
- Programa de Conservação da Fauna Silvestre;
- Programa de Comunicação Social;
- Programa de Educação Ambiental;

- Programa de Saúde Pública.

4.5.13 - Equipe Técnica para Execução do Programa

- 1 Meteorologista - Nível Superior, com proficiência técnica em Instrumentação Meteorológica e Métodos de Observação, Hidrometeorologia e Modelos de Meso-Escala.

4.5.13.1 - Responsabilidades

Cabe ao empreendedor a responsabilidade pela aquisição e instalação e operação das estações meteorológicas. Para tal, deverá contar com a participação de um Meteorologista.

A integração com o Instituto Nacional de Meteorologia é fundamental, razão pela qual recomenda-se que este seja chamado a participar do processo desde seu início.

Existem ainda outras instituições locais, regionais e nacionais que, certamente, teriam interesse em receber os dados meteorológicos a serem gerados pelas estações do AHE JIRAU, tais como: Secretaria de Estado de Meio Ambiente, ANEEL, CPTEC/INPE, Universidade Federal de Rondônia, entre outras. Articulações devem ser feitas com essas instituições visando a ampliação de usuários e parceiros.

4.5.14 - Referências Bibliográficas

ALVES, F. M.; FISCH, G.; VENDRAME, I. F. 1999. **Modificações do microclima e regime hidrológico devido ao desmatamento na Amazônia: Estudo de um caso em Rondônia (RO) - Brasil**, Acta Amazonica, 29(3): 395 - 409.

ARFI, R. 2003. **The effects of climate and hydrology on the trophic status of Séligué Reservoir, Mali, West Africa**. Lake & Reservoirs: research and management, 8 (3-4): 243-260.

CRUZ, H. C.; FABRIZY, N. L. P. (1995). **Impactos Ambientais de Reservatórios e Perspectivas de Uso Múltiplo**. Revista Brasileira de Energia, v. 4, n. 1. Disponível em: <<http://www.sbpe.org.br/v4n1/v4n1t1.htm>>. Acesso em: 02 ago 2008.

LINK, V. R.; ROSA, S. L. da. (2000). **Plano diretor de uso de reservatórios de aproveitamentos hidráulicos e seus entornos**. OCTA, São Paulo. Disponível em: <<http://www.octa.com.br>>. Acesso em: 01 ago 2008.

MORTON, F. I. 1986. **Practical estimates of lake evaporation** . **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 25, p. 371-387. SANCHES, F.; FISCH, G. 2005. As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí -PA. **Acta Amazonica**, 35(1): 41-50.

SANSIGOLO, C. A.; SANTOS, J. M. dos. 2002. **Evaporação do lago de Porto Primavera. Sociedade Brasileira de Meteorologia**. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu-PR. 2055-2060.

TUNDISI, J. G. (1990). **“Ecologia, limnologia e aspectos socioeconômicos da construção de hidrelétricas nos trópicos”**. (1987). Encontro de Tropicologia, CNPq, Recife, 4, pp. 47 - 85. Disponível em: <http://www.tropicologia.org.br/conferencia/1987ecologia_limnologia.html>. Acesso em: 01 ago 2008.

WMO. **Guide to Climatological Practices**. **World Meteorological Organization (WMO - N° 100)**.Geneva. 1983.

WMO. **The Planning of Meteorological Station Networks**. **World Meteorological Organization (Technical Note N° 111 - WMO - N° 265. TP.149)**. Geneva. 1970.

4.5.15 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa

Técnico	Formação	Registro em Conselho (ou RG)	Cadastro Técnico Federal (IBAMA)
Luiz Francisco P. G. Maia	Meteorologista	1987107112 CREA-RJ	201473

ANEXOS

ANEXO 1 - CRONOGRAMA

ÍNDICE

4.6 - Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico	1/24
4.6.1 - Introdução	1/24
4.6.2 - Justificativa e Área de Abrangência	1/24
4.6.3 - Objetivos	9/24
4.6.4 - Metas	10/24
4.6.5 - Base legal e Normas	11/24
4.6.6 - Âmbito de aplicação	14/24
4.6.7 - Materiais e Métodos	14/24
4.6.7.1 Metodologia e Procedimentos	14/24
4.6.8 - Indicadores	22/24
4.6.9 - Público Alvo	22/24
4.6.10 - Relatórios e Produtos	22/24
4.6.11 - Cronograma Físico	23/24
4.6.12 - Interface com outros programas	23/24
4.6.13 - Equipe técnica para execução do programa	23/24
4.6.14 - Referências Bibliográficas	24/24
4.6.15 - Equipe técnica responsável pelo programa	24/24

ANEXOS

Anexo 1 - Cronograma

Anexo 2 - Descrição de Modelos

Anexo 3 - Equipamentos e Análises de Sedimentos

4.6 - PROGRAMA DE MONITORAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO

4.6.1 - Introdução

O Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico foi proposto no Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Leme Engenharia, 2005) dos Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, tendo sido referendado pela Licença Prévia N° 251/2007 concedida pelo IBAMA.

O Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico apresentado atende às condicionantes n° 2.1, 2.3 e 2.32 da LP N° 251/2007 e contempla também as conclusões dos Estudos Complementares realizados em resposta aos questionamentos do Ofício n° 837/2008 - DILIC/IBAMA, com o objetivo de subsidiar a avaliação ambiental da modificação do eixo da UHE Jirau.

4.6.2 - Justificativa e Área de Abrangência

O Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico justifica-se pelos aspectos abaixo descritos.

O processo de transporte de sedimentos pelo fluxo hídrico é algo que faz parte da dinâmica da morfologia terrestre, estando diretamente associada ao ciclo hidrológico. As ações de erosão e deposição são, integralmente, dependentes dessas condições de fluxo. A construção de um reservatório traz uma profunda alteração nas condições de fluxo e, portanto, nas condições de transporte dos sedimentos. A redução das velocidades pela ampliação da seção de escoamento faz com que os efeitos gravitacionais predominem sobre os hidrodinâmicos, havendo a precipitação do material.

A deposição de sedimentos é uma das principais causas de perda de eficiência e paralisação dos aproveitamentos hidrelétricos, seja por redução do volume de regularização, ou por obstrução da tomada d'água. Assim, é importante que haja o acompanhamento dos processos de deposição pelas observações do material transportado passível de sedimentação, bem como a evolução dessa deposição no fundo do reservatório.

No caso do rio Madeira, em parte devido ao grande transporte de sedimentos e também pela necessidade de realização de estudos adequados de remanso e de assoreamento dos reservatórios, bem como para avaliar os efeitos a jusante dos aproveitamentos planejados de

Jirau e Santo Antônio, torna-se necessário realizar um monitoramento hidrossedimentológico permanente que permita acompanhar e avaliar os impactos ambientais potenciais e orientar a futura operação dos reservatórios de forma a minimizar os efeitos no reservatório e a jusante.

Os estudos encontrados em referências bibliográficas demonstram que os processos de sedimentação em cada reservatório dependem de suas características morfológicas, das vazões em trânsito e das descargas sólidas afluentes ao mesmo, bem como da granulometria do material carregado.

Assim, não se podem fazer generalizações, sendo necessário avaliar, caso a caso, os eventuais problemas de mudanças da morfologia do reservatório e 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 reservatório e do curso d'água;
- Medidas de descarga líquida e descarga sólida;
- Granulometria de sedimentos em suspensão e do leito; e
- Levantamentos de seções transversais.

Os estudos hidrossedimentológicos realizados no âmbito dos estudos de viabilidade do empreendimento apoiaram-se em um monitoramento e modelagens dos processos com base nessas principais variáveis. Entretanto, o detalhamento desses estudos demonstrou a necessidade de complementação e ajustes no sentido de:

- Aprofundar, detalhar e confirmar as previsões feitas por ocasião do EIA, 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 deverá ser integrada a do AHE Santo Antônio, se estendendo 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 do AHE de Jirau 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.

Neste ponto da justificativa é essencial apresentar as mudanças introduzidas no projeto original, pois seu eixo foi deslocado para um ponto do rio situado cerca de 10 km a jusante, de forma a tornar o empreendimento mais competitivo do ponto de vista técnico-econômico, garantindo ao mesmo tempo a viabilidade ambiental do aproveitamento, já demonstrada pelo Parecer 061/2008 do IBAMA.

O deslocamento para jusante permitiu a otimização das condições hidráulicas de aproximação das estruturas do barramento, conforme sugerido pelo relatório do consultor independente contratado à época do licenciamento:

“Necessidade de melhorar o processo de evacuação de areias grossas e cascalhos finos através do vertedouro com mudança do arranjo do projeto.”

“O atual transporte de carga de fundo na área do projeto é claramente ao longo da margem direita. O atual arranjo e posição do vertedouro [...] não é completamente satisfatório.”

“A grande dispersão das estruturas resulta em aumento da superfície de fluxo em largura de 1.000 m atualmente para 2.700 m. Este fato, junto com o aumento da profundidade de fluxo, deve modificar as velocidades de fluxo e correntes secundárias nesta área assim impactando o transporte da carga de fundo em geral.”

“Também, o arranjo do vertedouro, em conjunto com o muro de arrimo esquerdo, deve criar condições de aproximação muito ruins para algumas das comportas no lado esquerdo do vertedouro.”

As conclusões sobre o eixo de Jirau indicavam:

- É fato que 60% do tempo toda a vazão do rio passará através da casa de força e, desta forma, a área de vazão de aproximação para o vertedouro estará sujeita a sedimentação pesada,

resultando na formação de um tampão sólido composto de limo, argila e resíduos (flutuantes e submersos) transportados pelo rio.

- Estes depósitos poderão dificultar a abertura das comportas do vertedouro na chegada das inundações para vazão excedente à vazão da usina.
- A abertura intermitente das comportas do vertedouro poderia de alguma forma amenizar o problema, porém isso acarretará em perda de energia e dificuldades operacionais.

O leito do rio a montante das estruturas e a zona estagnada em frente ao canal de aproximação do vertedouro facilitarão o transporte de sedimentos brutos (se houver) e fragmentos na direção das tomadas d'água da casa de força.

O novo arranjo do eixo da Ilha do Padre possui as seguintes vantagens (**Figura 4.6-1**):

- Este *layout* posicionando parte da casa de força e o vertedouro lado a lado reduz o risco de criação de uma zona estagnada em frente ao vertedouro.
- O risco de criação de um tampão de lama em frente às comportas do vertedouro será bem reduzido.
- Estudos apropriados de modelo hidráulico possibilitarão uma otimização adicional do *layout* e eliminarão qualquer risco de dificuldades operacionais.
- Conforme proposto, o *layout* a jusante apresenta vantagens quando comparado com o de montante, sendo que o de jusante ainda poderá ser melhorado através da utilização de estudos avançados de modelagem hidráulica.

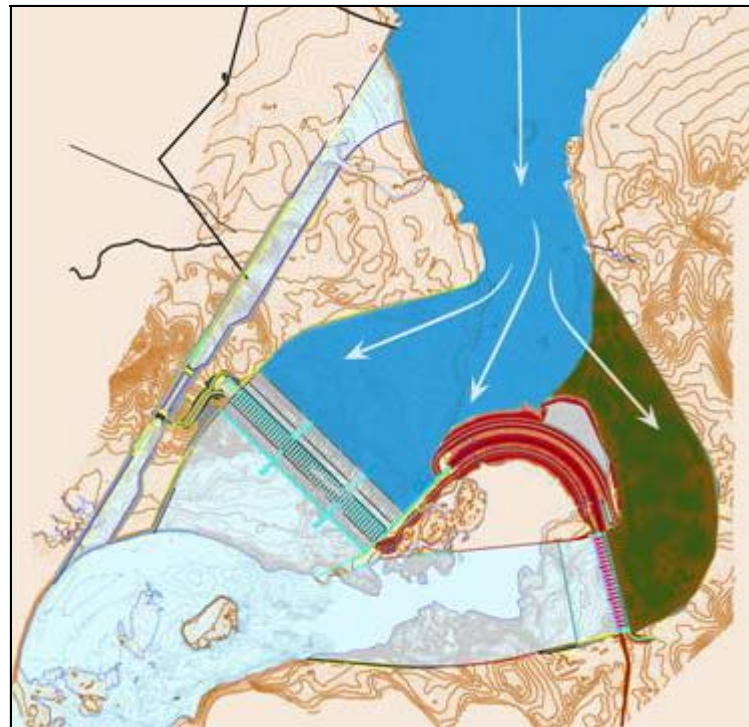


Figura 4.6-1 - Arranjo na Ilha do Padre

A combinação da configuração do canal do rio e as ilhas a montante da casa de força e vertedouro ajudarão a projetar arranjos estruturais que assegurarão proteção operacional adequada:

- Pelo desvio da maior parte dos sedimentos brutos na direção do vertedouro;
- Pelo intermitente armazenamento e evacuação dos fragmentos flutuantes e submersos para o vertedouro.
 - ▶ O *layout* a jusante possui potencial de projeto espacial e estrutural para melhores possibilidades de gerenciamento de sedimentos e fragmentos.
 - ▶ A modelagem hidráulica avançada possibilitaria o projeto e otimização de tais arranjos estruturais.

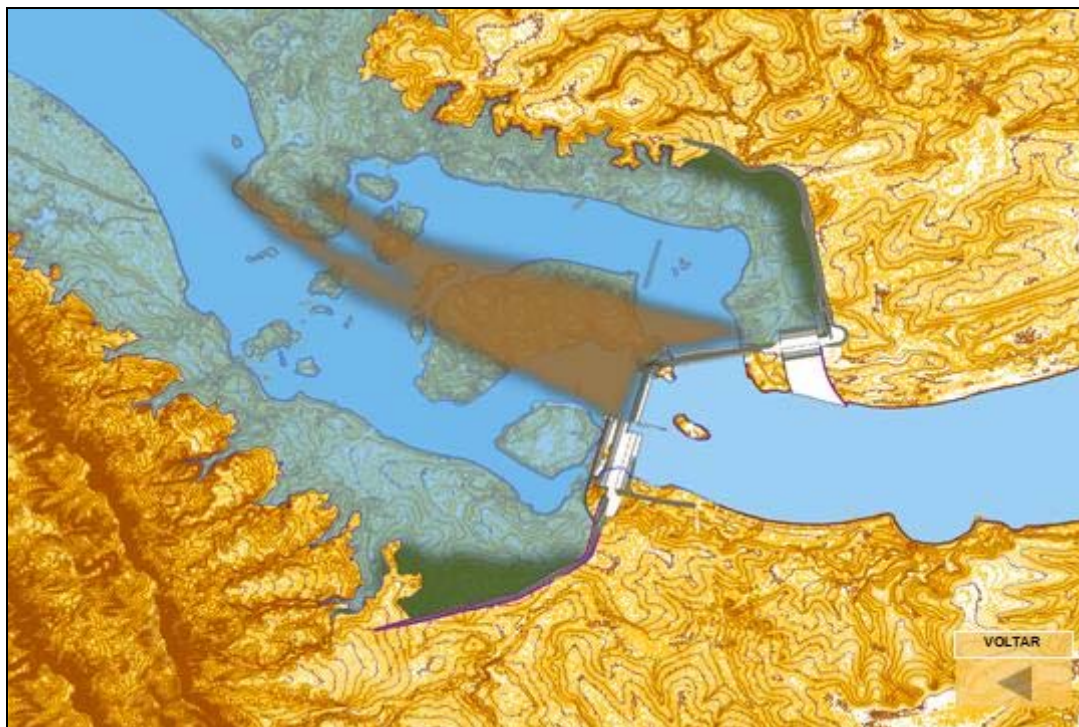


Figura 4.6-2 - Novo arranjo

Desta forma pode-se ainda pontuar como uma justificativa adicional a de que o monitoramento também permitirá avaliar a eficiência do novo arranjo, além de subsidiar os estudos de modelo reduzido para melhorar a eficiência hidráulica deste arranjo no que concerne à passagem de sedimentos.

Outro aspecto relevante diz respeito aos questionamentos do IBAMA no que tange às obras de desvio no novo eixo de Jirau e que resultou num parecer específico para avaliação das mudanças no esquema de desvio de forma a aproveitar melhor e com mais segurança as variações do ciclo hidrológico.

Para analisar estas questões foi elaborado um documento com vistas a atender parte das condicionantes específicas contidas na Licença de Instalação nº 563/2008 - IBAMA (Itens 2.2 B e 2.2 C). Concedida à Energia Sustentável do Brasil, em seu segmento relativo à instalação do canteiro pioneiro e a implantação das ensecadeiras provisórias de 1ª fase, localizadas na margem direita do rio Madeira.

Também são tratadas neste documento as ensecadeiras planejadas à montante daquelas projetadas para a primeira fase. A implantação das ensecadeiras de montante, denominadas de

ensecadeiras auxiliares, foi uma ação necessária para que se possa trabalhar no atual estágio do ciclo hidrológico, isto é, o início do período de cheias.

Essas ensecadeiras auxiliares serão erguidas sobre o travessão rochoso existente no canal direito do rio Madeira, a montante da Ilha do Padre, com crista na El. 80,00. O seu objetivo principal é desviar o rio para o canal esquerdo e proporcionar maior segurança para a construção das ensecadeiras da primeira fase, situadas a jusante destas.

No trecho sobre o travessão, de baixa altura e atualmente acima do nível de água, o maciço das ensecadeiras auxiliares será construído com cascalho, com colocação de blocos de rocha, para proteção no contato com a fundação. No trecho submerso, o maciço será construído inicialmente com enrocamento, para fechamento e proteção a montante, complementado com cascalho.

Nesse sentido, foram levantadas questões a respeito de processos erosivos e sobre os fluxos e descargas de sedimentos porventura advindos desta situação de implantação das ensecadeiras e desvio do rio pela margem esquerda, sendo, então, elaboradas propostas de monitoramentos para avaliação de possíveis impactos e diretrizes para a sua mitigação, aqui incorporadas ao PBA.

A principal interferência de cunho socioambiental nesta primeira etapa de obra está associada à construção das ensecadeiras (de primeira fase e as auxiliares) a serem instaladas no canal direito do rio Madeira, que se destinam à drenagem de uma área para a construção dos canais de adução e de fuga para as unidades geradoras e o canal de restituição dos vãos de vertedouros, sendo removida após a conclusão dessas obras.

O cenário esperado com a construção dessas ensecadeiras de primeira fase, com um prazo de permanência de aproximadamente dois anos, é de concentração de todo o fluxo do rio Madeira para o canal esquerdo do rio o qual possui largura aproximada de 800 m. A consequência imediata para este trecho do Rio é o de incremento da velocidade da água nesta margem esquerda, segundo dados fornecidos pela ESBR, para aproximadamente 2,5 m/s no período de maior vazão.

As ensecadeiras provisórias não alteram esse quadro de direcionamento dos fluxos, pois foram planejadas com o objetivo de dar maior segurança a execução das ensecadeiras da primeira fase. A única diferença é a criação de uma área de menores velocidades entre as essas duas ensecadeiras, sem maiores consequências para o fluxo, para as velocidades no canal de desvio, nem tampouco para as possíveis erosões e transporte de sedimentos (**Figura 4.6-3**).

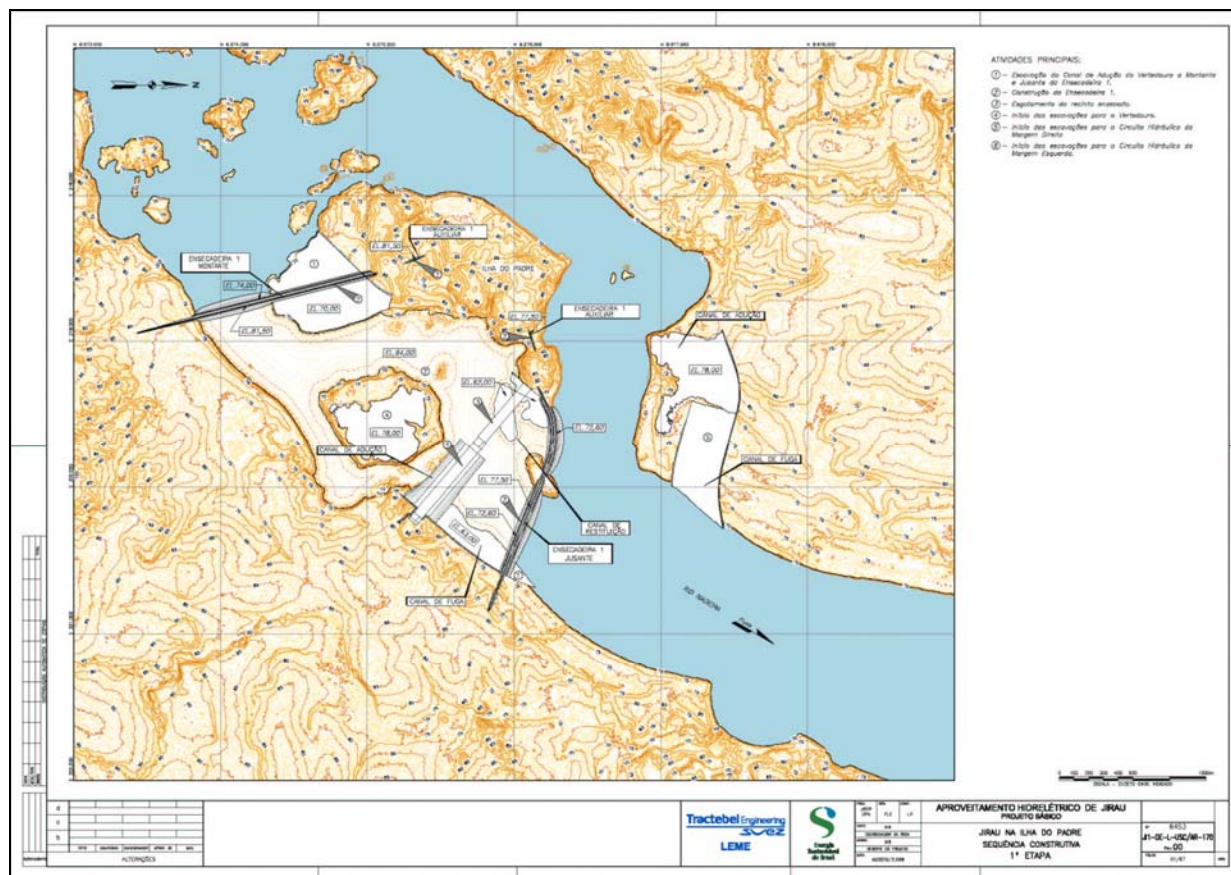


Figura 4.6-3 - Localização da ensecadeira provisória de primeira fase

Os principais impactos esperados para esta etapa de instalação das duas ensecadeiras estão relacionados a seguir.

- **Ação:** movimentação de terra nas etapas de construção e de remoção das ensecadeiras (a de primeira fase e as auxiliares) e escavação do canal, com o lançamento de rochas e sedimentos.
- **Impacto:** aumento dos níveis de turbidez da água e de sólidos em suspensão no trecho logo a jusante da Ilha do Padre. Trata-se de um impacto inevitável, mas temporário, que finda após a execução das obras e implantação das proteções dos taludes.
- **Ação:** diminuição da seção de escoamento de água na região da Ilha do Padre.
- **Impacto:** incremento da velocidade da água no período de sua permanência com possíveis efeitos de erosão junto ao talude das ensecadeiras e junto ao talude do canal da margem

esquerda. Ressalta-se que este efeito será minimizado por medidas de proteção dos taludes normalmente adotadas para este tipo de empreendimento. Maior poder de carreamento de material transportado pelo rio no canal de desvio em função das maiores velocidades de escoamento. Ressalta-se que este impacto não deve trazer maiores problemas na aproximação da ensecadeira nem a jusante dessas estruturas provisórias.

Ressalta-se por fim, que o fluxo de sedimentos entre as ensecadeiras será muito reduzido, não implicando maiores impactos.

Para os impactos acima relacionados, são apresentadas a seguir as medidas propostas para acompanhá-los e mitigá-los, os quais são inerentes a qualquer obra provisória de barragens.

A única diferença é a criação de uma área de menores velocidades entre as duas ensecadeiras, o que se dará sem maiores conseqüências para o fluxo e para as velocidades no canal de desvio, nem tampouco para eventuais erosões e transporte de sedimentos, pois como já mencionado o material utilizado e a proteção dos taludes são compatíveis com as velocidades em trânsito nas cheias de desvio calculadas.

4.6.3 - Objetivos

O Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico do Reservatório do AHE Jirau e de seu entorno, a montante e jusante, 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 do reservatório da AHE de Jirau e do rio Madeira ao longo de todo o estirão afetado pela implantação do empreendimento, durante a etapa de construção e por um período de 5 anos após a entrada em operação;
- Subsidiar estimativas de erosão e/ou deposição a jusante do aproveitamento;
- Monitorar as variações morfológicas da calha fluvial e margens do rio Madeira em um trecho representativo a jusante do AHE de Jirau, em conjunto com o monitoramento do AHE 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.

4.6.4 - Metas

Entre as metas do programa, destacam-se as seguintes:

- Monitorar e avaliar a evolução temporal da descarga sólida do rio Madeira afluente ao reservatório, 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 do reservatório 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 do futuro reservatório 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 Jirau já no reservatório de Santo Antônio (migração lateral do curso, dinâmica de ilhas, etc.);
- Monitorar a dinâmica dos taludes marginais em trechos representativos do rio Madeira;
- Monitorar e efetuar prognósticos de remanso devido ao reservatório de Jirau através do uso de modelagem matemática;
- Avaliar a eficiência do novo arranjo da Ilha do Padre relativamente às estruturas de vertimento e casa de força, durante os estudos de modelo reduzido, de forma a melhorar a passagem dos sedimentos pela barragem e evitar problemas de erosão nas máquinas.

4.6.5 - Base legal e Normas

No detalhamento e execução do presente Programa, deverá ser atendida a Resolução Nº 396 da ANEEL de 04 de dezembro de 1998, a qual estabelece as condições para implantação, manutenção e execução de estações fluviométricas e pluviométricas, associadas à empreendimentos hidrelétricos.

Deverão ainda ser atendidas as Normas e Recomendações Hidrológicas: V2 (fluviométrica) e V3 (sedimentométrica) do DNAEE.

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 as 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.

A resolução 555/2006 da ANA trata da reserva de disponibilidade hídrica (19 de dezembro de 2006) necessária à viabilidade do aproveitamento hidrelétrico de Jirau, e que estabelece as seguintes características principais:

I - coordenadas geográficas do eixo do barramento: 09° 19' 52" de Latitude Sul e 64° 44' 04" de Longitude Oeste;

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

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

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

V - área inundada do reservatório no nível d'água máximo normal: 302 6,0 km²;

VI - volume do reservatório no nível d'água máximo normal: 1.685,6 hm³;

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

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

IX - vazão máxima turbinada: 23.848,0 m³/s;

X - vazão mínima para dimensionamento do vertedouro: 82.587,0 m³/seg

XI - eclusa e canais de navegação, para o tráfego de embarcações com as seguintes

especificações:

a) boca: 44,0 m;

b) comprimento: 280,0 m; e

c) calado mínimo: 4,0 m.

§ 1º O arranjo das estruturas previstas, notadamente tomada d'água, barragem, eclusa e vertedor, deve buscar favorecer a passagem de sedimentos.

§ 2º O abastecimento de água da cidade de Porto Velho e outras comunidades afetadas pelo reservatório, notadamente Mutum-Paraná e Palmeiral, não poderá ser interrompido em decorrência da implantação do empreendimento, em suas fases de construção e operação.

§ 3º As áreas urbanas e localidades, notadamente Mutum-Paraná e Palmeiral, deverão ser relocadas ou protegidas contra cheias com tempo de recorrência inferior a 50 anos, considerando-se a linha de inundação à ocasião da implantação do empreendimento e considerando-se os efeitos do assoreamento sobre a linha de inundação após o quarto ano de operação.

§ 4º A infra-estrutura viária, composta por rodovias, ferrovias e pontes, notadamente, a BR 364, deverá ser relocada ou protegida contra cheias com tempo de recorrência de 100 anos, considerando-se a linha de inundação à ocasião da implantação do empreendimento e considerando-se os efeitos do assoreamento sobre a linha de inundação após o quarto ano de operação.

§ 5º Os efeitos sobre os usos da água, associados aos processos de erosão a jusante e assoreamento a montante, decorrentes da implantação do empreendimento, deverão ser mitigados pelo futuro outorgado.

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 Jirau vai depender do cumprimento daquilo que foi examinado e deferido nas fases anteriores. Portanto, nesse sentido, se insere a presente programação de monitoramento hidrossedimentológico.

4.6.6 - Âmbito de aplicação

Este programa se aplica a área do reservatório e seu entorno definido nos estudos, isto é, desde a fronteira com a Bolívia até a cidade de Porto Velho, considerando a atuação coordenada com o Consórcio Mesa relativamente ao reservatório do AHE Santo Antônio.

4.6.7 - Materiais e Métodos

4.6.7.1 Metodologia e Procedimentos

Para que os objetivos (gerais e específicos) estabelecidos sejam atingidos, é necessário que se realize uma série de atividades, dentro de um cronograma bem delineado.

É importante colocar inicialmente que essas atividades procuraram se ajustar ao programa de monitoramento já proposto para Santo Antônio, com as adaptações que se fizerem necessárias para atingir os objetivos do AHE Jirau e da análise do transporte do rio Madeira no estirão fluvial que vai, dependendo da negociação com a ANA, da confluência do rio Beni até a cidade de Humaitá.

Implantação e Operação de Estações Fluviométricas

Nesta atividade serão executadas as seguintes tarefas:

- 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. Os tipos de equipamentos estão inicialmente listados no Anexo 3;

- Implantar equipamentos de aquisição e transmissão de dados em tempo real em 5 (cinco) estações fluviométricas das indicadas no **Quadro 4.6-1**, das quais três já dispõem desse equipamento.

Quadro 4.6-1 - Postos de Observação/Medição

Rio	Posto(**)	Responsável	Tipo de estação(*)
Mamoré		ANA	FDS com telemetria
Madeira	Abunã	ANA	FDS com telemetria
	Morada Nova	ANA	FDS com telemetria
Mutum-Paraná	Vila Mutum	A negociar	F com telemetria
Madeira	Jirau(Ilha do Padre) montante	ESBR	FDS
Madeira	Jirau(Canal de Desvio)	ESBR	FD
Madeira	Jirau(Ilha do Padre)- jusante	ESBR	FDS com telemetria
Jaciparaná	Jaciparaná-Jusante	ANA	FDS com telemetria
Madeira	Porto Velho	ANA	FDS com telemetria
Madeira	Seção Jus-03	ANA	F com telemetria

Legenda:

F: medição de nível d'água

D: medição de descarga líquida

S: medição de descarga sólida

Obs.: Os postos deverão ser amarrados topográficamente a rede do IBGE sendo as indicadas com asterisco (*) as que terão instalação de telemetria.

As estações de Porto Velho, Morada Nova Jusante e Jaciparaná já dispõem desse equipamento e assim, deverão:

- Instalar estações fluviométricas a jusante e a montante da cachoeira de Jirau no rio Madeira, na foz do rio Jamari e na foz do rio Jiparaná, conforme já mencionado.
- Operar as dez estações indicadas, em conjunto ou em convênio com a ANA e com o Consórcio MESA.
- Medir descargas líquidas e sólidas nas estações indicadas no **Quadro 4.6-1**, algumas pelo método de amostragem detalhada pontual (inclusive do leito) e outras por amostragem convencional integrada na vertical. A decisão dependerá de um ajuste com a ANA e com o Consórcio MESA.
- Monitorar o transporte de sedimentos durante as obras de desvio, a montante e a jusante as obras de desvio, para acompanhar eventuais processos erosivos (**Figura 4.6-3** e **Mapa 2355-00-PBA-DE-2002-00 - Postos de Observação**).

- Monitorar as velocidades de escoamento no canal de desvio e a montante e a jusante das obras de desvio (**Figura 4.6-3 e Mapa 2355-00-PBA-DE-2002-00 - Postos de Observação**).
- Realizar análise laboratorial dos sedimentos de fundo e suspensão.
- Executar levantamento topobatimétrico do reservatório por meio de seções e com equipamento batimétrico acoplado a um sistema de posicionamento por satélite-DGPS, principalmente no seu trecho final e a jusante da barragem. Inicialmente serão utilizadas as seções levantadas nos estudos anteriores e que estão delimitadas no **Mapa 2355-00-PBA-DE-2001-00 - Seções Topobatimétricas**.
- Elaborar a caracterização fluviomorfológica do estirão que comporá o reservatório com o uso de fotos aéreas e imagens de satélite em diversos cenários disponíveis no passado, de forma a associá-los a eventos de cheias e estiagens.
- Correlacionar os dados dos levantamentos/monitoramento da flora nas margens do AHE de Jirau e caracterizar os ambiente que compõe os principais depósitos aluvionares e as margens do rio Madeira, antes do início da operação do projeto.
- Levantar áreas sensíveis à erosão nas margens ou nas drenagens naturais do futuro reservatório de Jirau, e erosões de margem a jusante dos reservatórios de Jirau e Santo Antônio, em conjunto com o Consórcio Mesa.
- 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, em conjunto com o Consórcio Mesa.
- Elaboração e implantação de um banco de dados hidrossedimentométricos considerando todas as medições sedimentométricas realizadas após a conclusão dos estudos anteriores e incorporar as novas.
- 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, das curvas-chave de descarga líquida e sólida e de toda a base de dados.
- Como exposto no programa de Santo Antônio, e em conjunto como o Consórcio MESA, “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 associada a diferentes condições hidrológicas, na condição atual e com reservatórios”.

- Realizar um balanço hidrossedimentológico (a partir do fluxo de sedimentos e dos levantamentos topobatimétricos dos reservatórios) para os trechos Abunã-Jirau-PortoVelho-Humaitá, e com o uso de modelagens matematicamente calibradas com os levantamentos realizados, 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.
- 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, com o uso de mapas de uso, com apoio nas modelagens.
- Caracterizar a evolução da eficiência da retenção do reservatório e a evolução da curva cota x área x volume.
- Definir os trechos de deposição e carreamento de sólidos previstos ao longo do reservatório e no trecho de jusante, através dos levantamentos topobatimétricos realizados e de laboratório (granulometria), e verificar os prognósticos de evolução de alterações morfológicas indicadas pelos modelos matemáticos (real x previsto).
- Realizar a consolidação de todos os dados e relatórios e análises realizadas apresentando conclusões e recomendações objetivas para todas as atividades realizadas.

Monitoramento Hidrossedimentológico

Para o monitoramento do transporte de sedimentos ao reservatório, deverão ser operados os postos fluviométricos representativos das condições hidrossedimentológicas e já indicados no **Quadro 4.6-1**.

A primeira tarefa a ser executada na campanha será a definição das estações que serão implantadas pela ESBR, em operação coordenada pela ANA, em conjunto com o consórcio MESA que executará os programas ambientais do AHE Santo Antônio.

A escolha dos locais dos novos postos fluviométricos deverá obedecer a boa norma de serviços de hidrometria, **onde:**

- A seção de réguas deve ser instalada em trecho fluvial retilíneo na medida do possível a montante de um controle hidráulico em regime sub-crítico;
- A seção de medição de descarga líquida deverá estar localizada a montante de um controle hidráulico, também em trecho retilíneo do rio e fora da influência de remanso de afluentes.

Operação dos Postos Fluviométricos

As principais atividades a serem desenvolvidas na operação desses postos são as medições e cálculos do transporte de sedimentos por suspensão e arraste que deverão ser feitos com amostradores de integração na vertical, utilizando a garrafa ou saca, conforme a profundidade. Os amostradores com garrafas (US-DH-48, US-DH-59, US-DH-49) alcançam profundidades máximas de 4,5 a 5,0 m. Essa limitação é em função da velocidade de trânsito e do bico utilizado no amostrador. Profundidades maiores requerem a utilização de amostradores de saca, que têm um volume de armazenamento maior, atingindo profundidades de até 100 m. As relações entre volumes de amostragem, velocidade de trânsito, velocidade da corrente e diâmetro do bico deverão ser rigorosamente compatibilizadas, visando a uma coleta de material de maneira contínua e uniforme em toda profundidade de amostragem.

As medições de descarga líquida e sólida deverão ser realizadas durante todo o período de concessão do empreendimento. A frequência de amostragem nesses postos deverá ser mensal, passando para semanal nos meses de cheias na bacia. Essa frequência deverá ser reavaliada a cada quatro anos.

A amostragem do material de fundo poderá ser realizada usando os amostradores tradicionalmente utilizados na coleta (USBM-54 e US-BMH-60).

As caracterizações granulométricas das amostras servirão de informações para a realização dos cálculos de descarga sólida. Essas caracterizações deverão ser obtidas por análises de laboratório, conforme estabelecido de forma inicial no Anexo 3

Os cálculos das descargas sólidas totais deverão, preferencialmente, ser feito pelo método de Einstein Modificado, mas serão implementados outros modelos de uso reconhecido na literatura internacional como são os de Toffaletti e van Rijn (VANONI, 1975; SIMONS & SENTURK, 1992), e

Colby Simplificado, podendo, entretanto, utilizar outros métodos que aumentem a confiabilidade dos resultados.

A definição de seções topobatimétricas, que serão objeto de observação e controle, avaliar as condições de deposição do material sólido transportado nas afluências que contribuem para o reservatório.

Para tal, poderão ser utilizadas parte das seções transversais já levantadas para os estudos de remanso no reservatório. Essas seções, devidamente referenciadas a uma RN, serão posteriormente levantadas periodicamente e verificadas as alterações devido à deposição do material sólido.

As avaliações deverão ser feitas a cada seis meses, nos primeiros dois anos após o enchimento, e anualmente durante o prazo restante de utilização do reservatório.

Cabe ressaltar que, todas as estações citadas terão também medição de descarga líquida com a mesma periodicidade, além das observações diárias das réguas limnimétricas.

Levantamento Topobatimétrico do Reservatório

Para que se possa acompanhar o processo de assoreamento e os resultados das formulações utilizadas para avaliação da vida útil do reservatório, deverão ser realizados levantamentos topobatimétricos periódicos no reservatório.

O primeiro deverá ser feito antes da operação da usina, numa época de águas altas, para que se possa ter um quadro atual do fundo do reservatório.

As avaliações posteriores deverão ser feitas a cada cinco anos, durante a vida útil do empreendimento, também durante o período de cheias para facilitar e agilizar o levantamento.

Os levantamentos deverão ser feitos com DGPS e os resultados dos cálculos de volume assoreado comparados com os encontrados a partir das medições de descarga sólida e através das formulações para avaliação do assoreamento.

No mínimo o programa deverá contemplar as mesmas seções utilizadas nos estudos anteriores, acrescidas de outras seções para melhorar as estimativas de assoreamento, notadamente no trecho final do futuro lago.

Modelagem do Transporte de Sedimentos

O modelo numérico a ser utilizado nas simulações do transporte de sedimentos é o ECOMSED. Este modelo foi desenvolvido para simular com o máximo de realismo as distribuições da elevação da superfície da água, correntes, temperatura, salinidade, traçadores, sedimentos coesivos e não coesivos e ondas geradas pelo vento. Os módulos que compõem o modelo foram desenhados para trabalharem simultaneamente, a saída de um módulo servindo como forçante do outro. O ECOMSED usa um sistema de coordenadas ortogonais capaz de aumentar a eficiência do modelo, principalmente em regiões que apresentem irregularidades na linha de costa ou em regiões que necessitem de um aumento de resolução da grade numérica.

Tal ferramenta é capaz de prever quantitativamente a dinâmica das concentrações de sedimento na coluna d'água e as espessuras de deposição deste sedimento no fundo, de acordo com o regime de circulação hidrodinâmica. Dessa forma, é preciso conhecer as velocidades das correntes na região, uma vez que esta variável condiciona o transporte e deposição do sedimento descartado. De modo a atender este pré-requisito, é utilizada a ferramenta de modelagem numérica para a determinação da hidrodinâmica, ou seja, do comportamento das velocidades e níveis d'água que condicionarão o comportamento do sedimento.

O transporte de sedimento depende das propriedades do sedimento, características do fundo e propriedades do fluido e do escoamento e é, normalmente, dividido em três tipos: transporte de fundo, por saltos e em suspensão.

- **Transporte de Fundo:** as partículas de sedimento rolam ou escorregam sobre o leito, estando em contato com o fundo praticamente todo o tempo;
- **Transporte por Saltos:** as partículas pulam por efeito da correnteza ou devido ao impacto de outras partículas. O impulso inicial que arremessa uma partícula na correnteza pode ser devido ao impacto de uma na outra, o rolamento de uma por cima da outra ou o fluxo de água sobre a superfície curva de uma partícula, criando assim uma pressão negativa;
- **Transporte em Suspensão:** as partículas são suportadas pelas componentes verticais das velocidades do fluxo turbulento, enquanto estão sendo transportadas pelas componentes horizontais dessas velocidades, sendo pequenas suficientemente para permanecerem em suspensão, subindo e descendo na corrente acima do leito.

Os processos de erosão ou ressuspensão de sedimentos são iniciados quando o atrito com o fundo excede o atrito crítico (Shields stress). De acordo com a aproximação de Van Rijn, não há erosão ou ressuspensão de sedimentos quando a velocidade na camada de fundo não excede a velocidade crítica de início de movimento. Quando a velocidade na camada de fundo excede a velocidade crítica de início de movimento, mas é menor que a velocidade de queda dos grãos, o sedimento é erodido e transportado por tração (bed load transport). O sedimento é transportado em suspensão quando a velocidade excede a velocidade de queda dos grãos.

Ações de Monitoramento dos Processos Erosivos

Na região do empreendimento, tal como na bacia hidrográfica do rio Madeira, a utilização indiscriminada dos recursos naturais aliada às características de clima, solo e relevo, resultou no desencadeamento de diversos focos de processos erosivos, problema este que tem se agravado nas últimas décadas em razão da não utilização de práticas conservacionistas de solo.

Dessa maneira, as ações propostas neste item se referem ao monitoramento dos processos erosivos ocorrentes em uma faixa de 100 m dos limites do empreendimento, além de estruturas pontuais, tais como bota-fora, áreas de empréstimo e canteiros, que se encontram fora desta região.

Cabe ressaltar que esses processos erosivos pré-existentes serão objetos de intervenção no *Programa de Recuperação de Áreas Degradadas*, com o intuito de manter a integridade do AHE Jirau, bem como diminuir o aporte de sedimentos nos reservatórios.

É importante que o monitoramento dessas áreas tenha início antes de qualquer intervenção prevista naquele programa, devendo-se prosseguir nas fases de implantação e operação do empreendimento com periodicidade adequada a cada tipo de monitoramento descrito adiante.

Monitoramento das Estruturas de Controle dos Processos Erosivos

Deverão ser monitoradas as obras de arte de engenharia que tenham sido executadas na etapa de recuperação da área. Sempre que detectado algum tipo de problema ou falha no dispositivo de controle de erosão adotado, deverão ser realizados relatórios com registros fotográficos, croquis etc., de maneira a descrever o fato para que sejam corrigidos.

Esse monitoramento deverá ser realizado duas vezes ao ano, uma durante o período de chuvas e outra no início do período seco. Neste último, sempre que identificado algum problema, deverão

ser recomendadas ações de correção, as quais deverão ser realizadas no próximo período de estiagem.

Monitoramento das Dimensões Físicas dos Processos Erosivos

Deverá ser realizado ainda o monitoramento das dimensões dos processos erosivos identificados. Este monitoramento consiste na medição dos comprimentos, larguras e alturas, feitos por seções topográficas. Ainda, poderá ser realizado considerando a produção de sedimentos, através de parcelas de perda de solo ou caixas coletoras, dependendo da forma erosiva presente. As medições deverão ser realizadas sempre após o período de chuvas, com periodicidade anual.

4.6.8 - Indicadores

Os indicadores a serem acompanhados pelo programa são:

- As medições de descarga líquida e sólida nos postos de observação;
- As avaliações dos volumes de sedimentos afluentes e a modificação do volume do reservatório;
- A avaliação da retenção de sedimentos e resultados das modelagens;
- A avaliação dos processos erosivos e eficiência das obras de drenagem.

4.6.9 - Público Alvo

O público alvo e beneficiários deste programa são as agências reguladoras, tais como a Aneel e Ana, que fiscalizam o empreendimento e os recursos hídricos nas bacias e o próprio empreendedor para orientar suas ações de operação e manutenção do reservatório, além evidentemente do Ibama, responsável pelas licenças ambientais.

4.6.10 - Relatórios e Produtos

Serão elaborados relatórios mensais de acompanhamento das campanhas, relatórios semestrais de análise e relatórios anuais de consolidação dos estudos e das campanhas.

4.6.11 - Cronograma Físico

O cronograma deste programa é apresentado no **Anexo 1**.

4.6.12 - Interface com outros programas

Esse programa deverá ser feito em parceria com a Ana e com a Aneel para configurar uma ação integrada de controle e monitoramento do transporte de sedimentos na bacia, evidentemente, como já mencionado, em estreita colaboração com o Consórcio Mesa.

Esse Programa poderá subsidiar os levantamentos de informações necessárias para o *Programa de Monitoramento de Ecossistemas Aquáticos*, uma vez que a quantificação das vazões líquidas e sólidas afluentes e efluentes do aproveitamento compõe o meio aquático **onde**: os programas terão suas atividades desenvolvidas.

As ações de monitoramento dos processos erosivos deverão estar em sintonia com *Programa de Recuperação de Áreas Degradadas*, pois deverão estar registrados nos eventos de medição as intervenções realizadas por aquele programa, de maneira a fornecer subsídios à tomada de decisão quanto à manutenção ou modificação das suas intervenções realizadas.

Os resultados do *Programa de Monitoramento da Flora* serão de fundamental importância na identificação e caracterização (pontual e/ou difusa) das fontes de sedimentos localizadas na área de drenagem do rio Madeira.

4.6.13 - Equipe técnica para execução do programa

A equipe técnica para execução dos serviços deverá contar com os seguintes profissionais:

- Engenheiro Senior em hidrologia e com ampla experiência em transporte de sedimentos;
- Engenheiro Senior com experiência em modelagem hidrodinâmica de reservatórios e transporte de sedimentos;
- Engenheiros médios com experiências em hidrologia; e
- Técnicos em hidrometria e topografia.

4.6.14 - Referências Bibliográficas

BORLAND, W.M., MILLER, C. R., 1958. Distribution of Sediment in Large Reservoirs. Journal of the Hydrological Division, ASCE, v84.

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.

Newton de Carvalho - Estudos Hidrossedimentométricos- Eletrobrás-1997.

4.6.15 - Equipe técnica responsável pelo programa

Este programa foi elaborado pelo Eng Civil Sênior Tarcisio Luiz Coelho de Castro, Prof assistente de Hidrologia e Recursos hídricos do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da UFRJ.

ANEXOS

ANEXO 1 - CRONOGRAMA

ANEXO 2 - DESCRIÇÃO DE MODELOS

▪ Descrição do Modelo ECOMSED

O desenvolvimento do ECOMSED tem suas origens na década de 1980, com a criação do Princeton Ocean Model (POM), que foi seguido por uma versão de atualização denominada ECOM para ambientes de águas rasas, como rios, lagos, estuários e costas oceânicas. Na década de 1990, conceitos de ressuspensão e assentamento de sedimentos desenvolvidos por W. Lick, da Universidade da Califórnia, foram incorporados à estrutura do ECOM.

Com o passar dos últimos anos o ECOMSED tem sido melhorado para incluir modelos de ondas superficiais, resolver melhor a física do atrito de fundo, da camada superficial, do transporte de sedimentos não coesivos e traçadores de sedimentos dissolvidos.

▪ Implementação do modelo

A implementação do modelo para simular o comportamento dos fluxos na região de interesse exige a execução de uma série de tarefas, entre as quais pode ser citado: (1) definição das condições de contorno; (2) obtenção do contorno da linha de costa (calha do rio ou contorno de reservatório); (3) geração do modelo digital da batimetria; (4) geração da grade numérica; (5) geração de cenários de modelagem; (6) geração de produtos: mapas de concentração de sedimento em suspensão na coluna d'água, mapas de espessura de sedimento no fundo, mapas da hidrodinâmica local; entre outras etapas.

▪ Módulo hidrodinâmico

O módulo é um modelo tridimensional, incorporando um modelo de turbulência para fornecer a parametrização realística dos processos de mistura vertical. As variáveis prognósticas são os três componentes da velocidade, temperatura, salinidade, energia cinética da turbulência e a macroescala da turbulência. As equações de momentum são não-lineares e incorporam a variável do parâmetro de Coriolis. As equações de prognóstico governando as quantidades termodinâmicas, temperatura e salinidade levam em conta as variações da massa de água provocadas pelos processos de subida e descida do nível do mar na costa, altamente dependente do tempo, assim como os processos advectivos horizontais. A superfície livre de elevação é também calculada prognosticamente, com algum sacrifício do tempo computacional para que as ondas e eventos de tempestades possam também ser simulados. Isto é alcançado pelo uso de uma técnica de divisão onde o transporte do volume e a velocidade do atrito vertical são resolvidos separadamente. Outras variáveis computacionais incluem a densidade, a viscosidade turbulenta vertical e a difusividade turbulenta vertical. O

módulo também acomoda realisticamente a geometria da linha da costa (calha do rio) e a topografia do fundo.

O módulo hidrodinâmico, ECOM, aqui descrito é um modelo tridimensional, dependente do tempo, desenvolvido por Blumberg & Mellor (1980, 1987). Este módulo do ECOMSED tem uma longa história de aplicações de sucesso em águas oceânicas, de costa, estuarinas e em águas interiores, como rios e lagos e reservatórios.

▪ **Equações de dinâmica e termodinâmica**

As equações que formam a base do modelo de circulação descrevem os campos de velocidade e de elevação da superfície, e os campos de temperatura e de salinidade. Duas aproximações de simplificação são utilizadas (Bryan 1969); primeiro, assume-se que o peso do fluido equilibra idênticamente a pressão (hipótese hidrostática), e segundo, as diferenças de densidade são desprezadas a menos que as diferenças sejam multiplicadas pela gravidade (aproximação de Boussinesq).

Considere as coordenadas de um sistema ortogonal Cartesiano, com x aumentando na direção Leste, y aumentando na direção Norte, e z aumentando verticalmente para cima. A superfície livre é localizada em $z = \eta(x, y, t)$ e o fundo está em $z = -H(x, y)$. Se \bar{V} é o vetor horizontal da velocidade, com componentes (U, V) e ∇ é o operador do gradiente horizontal, a equação de continuidade é:

$$\boxed{\nabla \bar{V} + \frac{\partial W}{\partial Z} = 0} \tag{1}$$

As equações de momento de Reynolds são:

$$\boxed{\frac{\partial U}{\partial t} + \bar{V} \nabla U + W \frac{\partial U}{\partial z} - fV = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial U}{\partial z} \right) + F_X} \tag{2}$$

$$\boxed{\frac{\partial V}{\partial t} + \bar{V} \nabla V + W \frac{\partial V}{\partial z} - fU = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial V}{\partial z} \right) + F_Y} \tag{3}$$

$$\rho g = -\frac{\partial P}{\partial z} \quad (4)$$

onde: η ρ_0 é a densidade de referencia, ρ é a densidade local, g é a aceleração da gravidade, P é a pressão, K_M é a difusividade turbulenta do momento de mistura turbulento. A variação latitudinal do parâmetro de Coriolis, f , é introduzida pelo uso da aproximação do plano.

A pressão à profundidade z pode ser obtida pela integração do componente vertical da equação de movimento (eq. 3), de z até a superfície livre η , e é

$$P(x, y, z, t) = P_{atm} + g\rho_0\eta + g \int_z^{\eta} \rho(x, y, z', t) dz' \quad (5)$$

A partir de agora, assume-se que a pressão atmosférica, P_{atm} , seja constante.

As equações de conservação para temperatura e salinidade podem ser escritas como

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \bar{V} \Delta \theta + W \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + F_\theta \quad (6)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \bar{V} \Delta S + W \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial S}{\partial z} \right) + F_S \quad (7)$$

onde: θ é a temperatura potencial (ou a temperatura local para aplicações de águas rasas), e S é a salinidade. A difusividade para a mistura turbulenta vertical de calor e sais é denominada K_H . Utilizando a temperatura e salinidade, a densidade é computada de acordo com uma equação de estado do tipo

$$\rho = \rho(\theta, S)$$

apresentada por Fofonoff (1962). A densidade potencial é ρ , ou seja, a densidade avaliada como uma função da temperatura potencial e da salinidade, mas à pressão atmosférica; fornece uma informação acurada da densidade para calcular gradientes baroclínicos horizontais, que entram nos termos de gradiente de pressão e de estabilidade vertical da coluna de água, que participam do módulo de fechamento da turbulência mesmo em águas profundas, quando os efeitos da pressão tornam-se importantes.

Todos os movimentos induzidos por processos de pequena escala não diretamente resolvidos pelo grid do modelo (escala de subgrid) é parametrizado em termos de processos de mistura horizontal. Os termos F_X , F_Y , F_θ , e F_S encontrados nas equações 2, 3, 6 e 7 representam estes processos não resolvidos, e em analogia à difusão molecular podem ser escritos como

$$F_X = \frac{\partial}{\partial x} \left(2A_M \frac{\partial U}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_M \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right] \quad (9a)$$

$$F_Y = \frac{\partial}{\partial x} \left(2A_M \frac{\partial V}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left[A_M \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right] \quad (9b)e$$

$$F_{\theta,S} = \frac{\partial}{\partial x} \left(A_H \frac{\partial(\theta,S)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_H \frac{\partial(\theta,S)}{\partial y} \right) \quad (10)$$

Deve-se observar que F_x e F_y são constantes com a rotação de coordenadas. Enquanto estes termos de difusividade horizontal servem para parametrizar os processos de escala de subgrid, na prática as difusividades horizontais, são normalmente necessários para amortecer ruídos computacionais de pequena escala. A forma de F_X , F_Y , e $F_{\theta,S}$, permitem a utilização de A_M e A_H variáveis, mas até o momento elas são mantidas constantes. As difusividades são escolhidas a fim de que elas não produzam uma suavização excessiva das características reais. Valores tão baixos quanto 10 m²/s têm sido utilizados com sucesso em várias aplicações. A resolução vertical relativamente fina utilizada na aplicação resulta em uma reduzida necessidade de difusão horizontal, pois, a advecção horizontal seguida pela mistura vertical efetiva atua como a difusão horizontal no sentido físico real.

Fechamento da turbulência

As equações que governam contêm a parametrização de Reynolds para os termos de fluxo e atrito, que levam em conta a difusão turbulenta de momentum, calor e sais. A parametrização da turbulência no módulo aqui descrito é baseada no trabalho de Mellor & Yamada (1974).

Os coeficientes de mistura vertical, K_M e K_H , nas equações 2, 3, 6 e 7 são obtidos recorrendo à segunda ordem do fechamento da turbulência (Mellor & Yamada 1982), que caracteriza a turbulência por equações de energia cinética turbulenta, $q^2/2$, e a macroescala da turbulência, l , de acordo com

$$\frac{\partial q^2}{\partial t} + \vec{V} \nabla q^2 + W \frac{\partial q^2}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_q \frac{\partial q^2}{\partial z} \right) + 2 K_M \left[\left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 \right] + \frac{2 g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{2 q^3}{B_l l} + F_q \quad (11)$$

e

$$\frac{\partial (q^2 l)}{\partial t} + \vec{V} \nabla (q^2 l) + W \frac{\partial (q^2 l)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_q \frac{\partial (q^2 l)}{\partial z} \right) + l E_1 K_M \left[\left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)^2 \right] + \frac{l E_1 g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{q^3}{B_l} \tilde{W} + F_l \quad (12)$$

onde: ∇ é o operador do gradiente horizontal e a função de proximidade da parede é definida como

$$\tilde{W} \equiv 1 + E_2 \left(\frac{l}{\kappa L} \right)^2 \quad (13)$$

onde:

$$(L)^{-1} \equiv (\eta - z)^{-1} + (H + z)^{-1} \quad (14)$$

Próximo a superfícies, pode-se demonstrar que tanto l/κ quanto L são iguais à distância até a superfície ($\kappa = 0,4$ é a constante de von Karman), de forma que $\tilde{W} = 1 + E_2$. Distante de superfícies, onde: $l \ll L, \tilde{W} \cong 1$. O comprimento de escala fornecido na equação 12 é o comprimento característico do movimento turbulento em qualquer ponto no tempo ou espaço. Uma alternativa à equação 12 é utilizar a equação de transporte para taxa de dissipação (Hanjalic & Launder 1972). A aproximação anterior, de acordo com Mellor & Yamada (1982) é mais consistente, já que usa uma equação que descreve a turbulência de grande escala para determinar a macroescala turbulenta. Os termos F_q e F_l nas equações 11 e 12 são a mistura horizontal e são parametrizadas analogamente à temperatura e salinidade, usando a equação 9.

É possível reduzir a instrução dos coeficientes K_M , K_H , e K_q às seguintes expressões

$$\boxed{K_M \equiv l q S_M} \quad (15a)$$

$$\boxed{K_H \equiv l q S_H} \quad (15b)$$

$$\boxed{K_q \equiv l q S_q} \quad (15c)$$

As funções de estabilidade S_M , S_H e S_q são derivadas analiticamente, com relações funcionais dependentes de $\partial U/\partial z$, $\partial V/\partial z$, $g \rho_0^{-1} \partial \rho/\partial z$, q , e l . Estas relações derivam das hipóteses de fechamento descritas por Mellor (1973) e resumidas por Mellor & Yamada (1982). Segundo Galperin et al. (1988) as funções de estabilidade são

$$S_M = \frac{B_1^{1/3} - 3 A_1 A_2 G_H \left[(B_2 - 3 A_2) \left(1 - \frac{6 A_1}{B_1} \right) - 3 C_1 (B_2 + 6 A_1) \right]}{\left[1 - 3 A_2 G_H (B_2 + 6 A_1) \right] (1 - 9 A_1 A_2 G_H)} \quad (16)$$

▪ Módulo de transporte de sedimentos

O módulo SED é um modelo de transporte de sedimentos tridimensional, que simula realisticamente os sedimentos em uma variedade de sistemas aquáticos, e quando incorporado ao modelo ECOM, criou-se o ECOMSED. O ECOMSED tem sido utilizado em uma série de estudos de transporte de sedimentos.

Este módulo é configurado para rodar conjuntamente ao modelo hidrodinâmico e ao modelo de ondas (se este for incluído). Utiliza o mesmo grid numérico, estrutura e formatos computacionais do modelo hidrodinâmico, e a dinâmica dos sedimentos inclui ressuspensão, transporte e deposição dos sedimentos, tanto de granulometria mais finas (diâmetro menor que 75 μm) quanto mais grosseiras (diâmetro entre 75 e 500 μm), aqui denominadas coesivos e não coesivos respectivamente. Areia grossa e pedriscos, com diâmetros de partículas maiores que 500 μm .

Assim como o mecanismo de ressuspensão, o mecanismo de deposição depende do atrito de fundo induzido pela interface sedimento-água. O cálculo do atrito de fundo é parte integrante dos processos de sedimento. O fluxo de massa formado pela ressuspensão tanto das partículas finas quanto das mais grosseiras, é modelado em função de agregação e assentamento. Uma

característica única do modelo é sua capacidade de utilizar resultados experimentais para descrever os parâmetros na formulação da ressuspensão e deposição.

A saída do módulo SED inclui a distribuição espacial e temporal dos sólidos totais, concentração de sedimentos na coluna de água, massa de sedimentos depositados/erodidos e subsequente variação na elevação do fundo.

Equações

A equação de advecção-dispersão tridimensional para o transporte dos sedimentos de tamanho classe k (k=1,2) é:

$$\frac{\partial C_k}{\partial t} + \frac{\partial UC_k}{\partial x} + \frac{\partial VC_k}{\partial y} + \frac{\partial (W - W_{s,k})C_k}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(A_H \frac{\partial C_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(A_H \frac{\partial C_k}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_H \frac{\partial C_k}{\partial z} \right)$$

Condições de contorno:

$$\begin{aligned} K_H \frac{\partial C_k}{\partial z} &= 0, z \rightarrow \eta \\ K_H \frac{\partial C_k}{\partial z} &= E_k - D_k, z \rightarrow -H \end{aligned}$$

onde:

C_k = concentração de sedimentos de tamanho classe k; u, v, w = velocidade nas direções x, y, z; A_H = difusividade horizontal; K_H = difusividade turbulenta vertical; E_k, D_k = fluxo de resuspensão e deposição de tamanho classe k; η = elevação da superfície da água acima de um valor específico; e H = profundidade batimétrica abaixo do valor específico.

Cálculos do atrito de fundo

O atrito de fundo é calculado da seguinte forma:

$$\tau = \rho u_*^2$$

onde: ρ = densidade do meio de suspensão; e u_* = velocidade de atrito.

Somente para correntes, a velocidade de atrito é definida pelo perfil logarítmico de velocidade de Prandtl-von Karman:

$$u_*^2 = \frac{k u}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

onde: k = constante de von Karman $\approx 0,40$; u = velocidade resultante próximo ao fundo; z = profundidade no centro da camada inferior; z_0 = atrito de base especificado como entrada no modelo.

Ressuspensão de sedimentos finos

Estudos de campo e laboratório revelam que somente uma quantidade finita de sedimentos pode ser ressuspensa de um fundo com partículas finas exposto a um constante atrito de fundo. A quantidade de sedimentos finos ressuspensos é dada por:

$$\varepsilon = \frac{a_0}{T_d^m} \left(\frac{\tau_b - \tau_c}{\tau_c} \right)^n$$

onde: ε = potencial de ressuspensão (mg cm^{-2}); a_0 = constante dependente das propriedades do fundo; T_d = tempo após a deposição (dias); τ_b = atrito de fundo (dinas cm^{-2}); τ_c = valor crítico do atrito para a erosão (dinas cm^{-2}); e m, n = constantes dependentes do ambiente de deposição.

Resultados experimentais mostram que a quantidade total do fluxo de sedimentos para a coluna de água não é ressuspensa instantaneamente, mas durante um período de tempo de aproximadamente uma hora. A taxa de ressuspensão é dada por:

$$E_{\text{tot}} = \frac{\varepsilon}{3600 \text{ seg}}$$

onde: assume-se E_{tot} como constante até que todo o sedimento seja erodido. Uma vez a quantidade \square de sedimentos esteja em suspensão, E_{tot} é zerado até que mais sedimento seja depositado e disponível para ressuspensão ou até que o atrito de fundo aumente. A taxa de ressuspensão de sedimentos de classe k (E_k) é dada por:

$$E_k = f_k E_{tot}$$

onde: f_k = fração de sedimentos classe k no fundo.

Deposição de sedimentos finos

A natureza coesiva das partículas finas em suspensão provoca a formação de agregados de partículas, que variam de tamanho e em velocidade de assentamento. No SED, a taxa de deposição dos sedimentos finos depende diretamente do fluxo de sedimentos próximos ao fundo e à probabilidade de coesão dos agregados com o fundo, de acordo com a seguinte formulação:

$$D_1 = -W_{s,1} C_1 P_1$$

onde: D_1 = fluxo de deposição ($g\ cm^{-2}\ s^{-1}$); $W_{s,1}$ = velocidade de assentamento dos flocos de sedimentos ($cm\ s^{-1}$); C_1 = concentração de sedimentos finos em suspensão ($g\ cm^{-3}$) próximo à interface sedimento-água; e P_1 = probabilidade de deposição.

Resultados de diversas medições de concentração e atrito de fundo indicam que a seguinte relação pode ser utilizada:

$$W_{s,1} = \alpha (C_1 G)^\beta$$

onde: $W_{s,1}$, C_1 , e G são expressos em $m\ dia^{-1}$, $mg\ L^{-1}$ e $dinas\ cm^{-2}$ respectivamente. Esta equação incorpora implicitamente o efeito do atrito interno (G) na agregação e assentamento, que é calculado a partir da saída do modelo hidrodinâmico, como se segue:

$$G = \rho K_M \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right]^{1/2}$$

onde: K_M = viscosidade tubulenta vertical; e ρ = densidade do meio.

A probabilidade de deposição (P_1) parametriza os efeitos da heterogeneidade de tamanhos de agregados e da turbulência próxima ao fundo na taxa de deposição:

$$P_1 = 1 - \frac{\tau_b}{\tau_d}, \tau_b \leq \tau_d$$

ou

$$P_1 = 0, \tau_b > \tau_d$$

Modelo de sedimento de fundo coesivo

Para simular realisticamente os efeitos seqüenciais de deposição e erosão, e a troca subsequente em propriedades do leito como a deposição e erosão, o modelo vertical segmentado de sedimento de fundo coesivo é construído através da discretização do leito de sedimento em sete camadas.

Cada camada do leito é caracterizada por uma densidade seca (ρ_d), um atrito de fundo para erosão (τ_{cr}), e uma espessura inicial. O tempo de deposição para cada camada aumenta linearmente para a superfície, que está composto do depósito recente de material. Resultados de laboratórios prévios (Tsai & Lambe 1987, MacIntyre et al. 1990) indicaram que o efeito de ressuspensão é mínimo depois de sete dias de deposição. A equação de potencial de ressuspensão mostra que cada camada diminui com tempo de consolidação (T_d), conforme o termo (T_d)- m . O modelo de fundo conserva a massa, com ressuspensão e fluxos de deposição ocorrendo somente no nível do leito. Durante uma simulação, o modelo de fundo mostra mudanças na densidade das massas de sedimentos coesivos e não-coesivos em cada camada, resultado da ressuspensão e deposição na interface de sedimento-água.

Ressuspensão de sedimentos não coesivos

A ressuspensão de sedimento não-coesivo de um leito é calculada usando um procedimento desenvolvido por van Rijn (1984). O método de van Rijn mostrou resultados com bons rendimentos para prever carga suspensa de areias finas (van Rijn 1984, Garcia & Parker 1991, van Rijn et al. 1993, Ziegler & Nisbet 1994). Somente uma avaliação breve do método de van Rijn será apresentada, para detalhes do procedimento de cálculo veja van Rijn (1984). O primeiro passo no procedimento é comparar a velocidade da camada de cisalhamento u^* com a velocidade crítica da camada de cisalhamento, u^*_{crbed} baseado no D50 local, de acordo com o critério de Shields para iniciar o movimento.

O transporte suspenso só acontecerá se a velocidade da camada de cisalhamento exceder ambos os critérios de Shields para movimento de carga do leito e a velocidade crítica da camada de cisalhamento para suspensão, u^*_{crbed} . Se a ressuspensão acontece, o D50 local e a velocidade

da camada de cisalhamento, u^* , são usados para determinar a concentração de referência a uma altura $z = a$ anterior ao leito de sedimento, Ca . Finalmente, o valor local de u^* , D_{50} e Ca são usados para calcular a taxa de transporte de carga suspensa.

Usando o método de van Rijn, o procedimento seguinte é adotado para calcular o transporte de carga suspenso.

- **Cálculo da velocidade crítica da camada de cisalhamento para iniciar o movimento**

Um parâmetro de partícula não dimensional é introduzido primeiro:

$$D_* + \left[\frac{(s-1)g}{\nu^2} \right]^{1/3} D_{50} \quad (16)$$

onde: s = gravidade específica da partícula; g = aceleração da gravidade; ν = velocidade cinemática; e D_{50} = diâmetro representativo da partícula de fundo.

A velocidade crítica da camada de cisalhamento para iniciar o movimento é calculada usando o critério de Shields

$$u_{*,crbed} = [(s-1)gD_{50}\theta_{cr}]^{1/2} \quad (17)$$

onde: θ_{cr} = parâmetro crítico móvel, definido como

$$\begin{aligned} \theta_{cr} &= 0,24D_*^{-1}, D_* \leq 4 \\ \theta_{cr} &= 0,14D_*^{-0,64}, 4 < D_* \leq 10 \\ \theta_{cr} &= 0,04D_*^{-0,10}, 10 < D_* \leq 20 \\ \theta_{cr} &= 0,013D_*^{-0,29}, 20 < D_* \leq 150 \\ \theta_{cr} &= 0,055, D_* > 150 \end{aligned} \quad (18)$$

• **Cálculo da velocidade crítica de cisalhamento para ressuspensão**

A velocidade crítica de cisalhamento para ressuspensão é dada por

$$u_{*,crsus} = W_{s,2} \quad (19)$$

onde: $W_{s,2}$ = velocidade de queda do sedimento suspenso não coesivo. A velocidade de queda é especificada na entrada do modelo e é calculada para o diâmetro efetivo da partícula (D_K) para o sedimento suspenso usando a fórmula de Cheng (1997)

$$W_{s,2} = \frac{v}{D_K} \left[(25 + 1,2D_*^2)^{0,5} - 5 \right]^{1,5} \quad (20)$$

onde: D^* = parâmetro não dimensional da partícula.

c) **Cálculo da velocidade da camada de cisalhamento**

A velocidade próxima à camada de cisalhamento do fluido é calculada por:

$$u_* = \frac{ku}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad (21)$$

d) **Transporte de carga suspensa**

Se a velocidade da camada de cisalhamento (u^*) é menor que a limiar para movimento ($u^*,crbed$) ou menor que a velocidade crítica de cisalhamento para ressuspensão de deposição ocorrer. Se u^* excede $u^*,crbed$ e $u^*,crsus$, o fluxo de sedimento é do leito para a camada abaixo da coluna d'água. O transporte de carga suspensa é calculado como se segue:

Cálculo do parâmetro da fase de transporte

$$T = \frac{u_*^2}{u_{*,crbed}^2} - 1 \quad (22)$$

Cálculo no nível de referência acima do leito

$$a = \max(0,01h, k_s) \quad (23)$$

onde: h = profundidade de água, e ks = máxima rugosidade de Nikuradse

$$C_a = \frac{0,015D_k T^{1,5}}{aD_*^{0,3}} \quad (24)$$

Cálculo do fator B

$$\beta = 1 + 2 \left(\frac{W_s}{u_*} \right)^2, 0,1 < \frac{W_s}{u_*} < 1 \quad (25)$$

Cálculo do fator ϕ

$$\phi = 2,5 \left(\frac{W_s}{u_*} \right)^{0,8} \left(\frac{C_a}{C_0} \right)^{0,4}, 0,01 < \frac{W_s}{u_*} \leq 1 \quad (26)$$

onde: C0 = concentração no leito de volume máximo = 0,65

Cálculo do parâmetro de suspensão

$$Z' = Z + \phi = \frac{W_s}{\beta k u_*} + \phi \quad (27)$$

Cálculo do fator F

$$F = \frac{\left(\frac{a}{h} \right)^{z'} - \left(\frac{a}{h} \right)^{1,2}}{\left(1 - \frac{a}{h} \right)^{z'} (1,2 - Z')} \quad (28)$$

Cálculo do transporte de material suspenso

$$q_s = F z u C_a \quad (29)$$

onde: z = profundidade abaixo da camada σ

Cálculo do fluxo de ressuspensão para o leito

O fluxo de ressuspensão é calculado com a diferença entre o total suspenso no transporte de carga e o fluxo atual de sedimento horizontal na σ -camada abaixo. Se esta diferença é maior que zero, está ocorrendo erosão, e se a diferença é menor que zero, está ocorrendo deposição. Portanto é possível ocorrer deposição mesmo se u^* exceder $u^*,crbed$ e $u^*,crsus$.

O modelo calcula a ressuspensão por:

$$E = \frac{(sq_s - qzC_z)\Delta t}{\Delta x\Delta y} \quad (30)$$

onde: C_z = concentração de sedimento suspenso abaixo da camada σ ; Δt = intervalo de tempo; e Δx e Δy = área da superfície de fundo.

Deposição de sedimento não coesivo

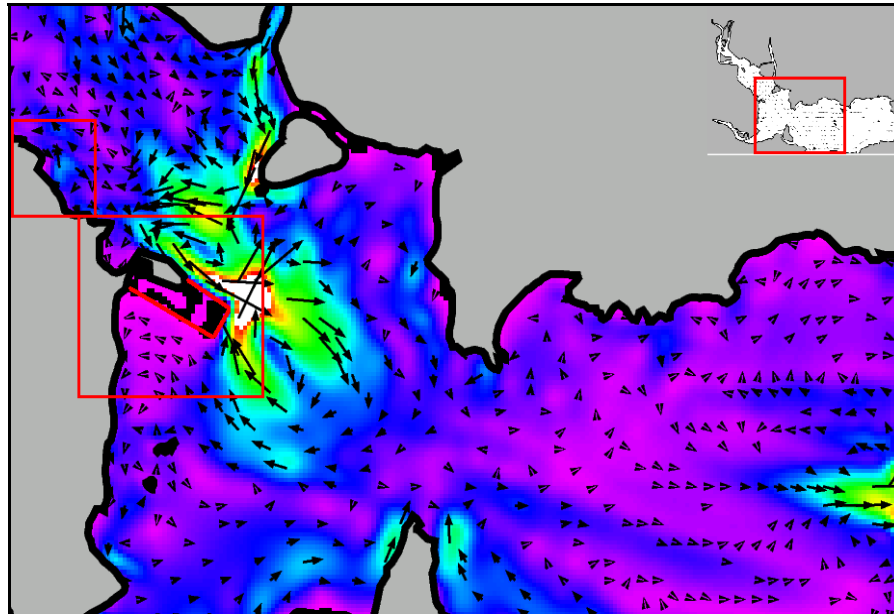
Quando a velocidade da camada de cisalhamento (u^*) é menor que o valor crítico ($u^*,crbed$ ou $u^*,crsus$), então o sedimento na coluna d'água deposita no leito de acordo com a equação:

$$D_2 = W_{s,2}C_2 \quad (31)$$

onde: D_2 = fluxo de deposição do sedimento não coesivo; $W_{s,2}$ = velocidade de queda; e C_2 = concentração de sedimento suspenso perto do leito.

Exemplos

Campo de velocidade



ANEXO 3 - EQUIPAMENTOS E ANÁLISES DE SEDIMENTOS

Além dos equipamentos e técnicas de praxe de hidrometria (barco, molinetes ou ADCP, guinchos, lastros,...) serão necessários os seguintes equipamentos e análises de laboratório para determinação dos volumes de sedimentos transportados no rio Madeira.

Equipamentos para medição de descarga sólida

Se a seção de medição, isto é, o local escolhido tiver até 4,5 metros de profundidade, com velocidades moderadas deverá ser utilizado o amostrador DH-59 para sedimentos em suspensão, e se a velocidade for elevada será necessário usar um amostrador mais pesado, como o USD-49, que é menos arrastado pela corrente. Para o material de fundo deverá ser usado o raspador e o modelo de amostragem BMH-60, ou o BM-54.

Se a seção de medição tiver mais do que 4,5 metros de profundidade ou o período de cheias é excepcional com elevação do nível d'água, será necessário o uso do amostrador de saca ou o pontual P-61. Para coleta de fundo é necessário o uso do amostrador BMH-60 ou o BM-54.

O amostrador de saca ou AMS-8 utiliza um cilindro de alumínio com bocal para ajuste da saca e tem um leme para direcionamento do amostrador. Existe uma zona não amostrada, que fica entre o bocal e a posição inferior do mesmo, onde está o lastro, devendo ser medida e anotada na folha de medição.

O método usado para medição de descarga sólida é indireto e obtido pela amostragem da mistura água-sedimento e do material do leito. Nesse método as amostras são enviadas para o laboratório para análise de concentração e de granulometria, sendo os cálculos da descarga feitos a partir dessas análises segundo formulações já citadas neste documento.

Ultimamente tem sido utilizado o equipamento para medições diretas de velocidade da água, para as descargas líquidas instantâneas e para as descargas sólidas com base em medidas de ultrassom, isto é, com o uso do aparelho ADCP. No entanto, é necessária uma boa série histórica de dados diretos e indiretos para calibração dos aparelhos.

Portanto, a campanha pode ser iniciada com o método tradicional e posteriormente passar para o ADCP.

Análise de laboratório

Os equipamentos utilizados normalmente para aferição da granulometria das amostras e concentração utilizam métodos de filtração e de evaporação. Para determinação da

granulometria das areias é utilizado o peneiramento e o tubo de acumulação visual e para o material fino utiliza-se pipetagem ou o tubo de retirada pela base.

Também podem ser utilizados os turbidímetros, para análise da concentração e equipamento ultra-sônico para análise granulométrica.

Se a filtração for feita no local, como recomendado, alguns cuidados devem ser tomados:

- Separar e lavar as unidades de filtração (PVC) que serão utilizadas com água filtrada e desmineralizada;
- Separar o número de filtros que se pretende utilizar no levantamento de campo, com mínimo de 0,45 micrometros de malha de membrana;
- Pesar os filtros em balança de precisão e condicioná-los em recipientes individuais;
- Etiquetar os recipientes dos filtros e anotar os pesos;
- E montar um conjunto de filtros a serem levados para campo.

Após os cuidados de praxe com as amostras as amostras devem ser secas em estufa a uma temperatura entre 100 e 1100 °C durante uma hora, e posteriormente pesadas na balança de precisão. Aos valores obtidos devem ser subtraídos o peso inicial, e se terá a concentração de material em suspensão para o respectivo volume de amostra que foi filtrado, devendo-se fazer o ajuste para 1000 ml para obter valores em mg/l.

Caso se adote o procedimento de homogeneização e tratamento em laboratório terão que ser adotadas as seguintes diretrizes:

- Acondicionar as amostras em ambiente refrigerado;
- Remeter as garrafas com as amostras ao abrigo de luz;
- Não adicionar nenhum tipo de conservante(algicida,etc..);
- Não se adotar procedimentos intermediários entre o campo e laboratório, como filtração após o levantamento, e posterior remessa dos filtros para secagem e pesagem.

As análises de laboratório devem ser pesadas quando chegam ao laboratório, pois podem ser armazenadas antes do processamento e como consequência haver perda d'água por evaporação. Essas amostras deverão então ser processadas por tipologia:

- Sedimento do leito: que devem seguir para determinação da granulometria, para peneiramento, tubo de acumulação visual, tubo de retirada pela base, pipetagem ou densímetro;
- Sedimentos em suspensão: que seguem para determinação da concentração, por filtração ou por evaporação, e posterior análise granulométrica pelo tubo de retirada pela base, pipetagem ou pelo densímetro.

Existem métodos mais modernos como tecnologias de raios X e laser, reduzindo consideravelmente o tempo de processamento, mas com custos muito elevados e, portanto muito pouco utilizados no Brasil.

Segundo Guy (1969), os métodos de análise de granulometria para amostras de material em suspensão tem limitações, conforme mostrado no quadro a seguir:

Método	Limites de granulometria (mm)	Limites de concentração (mg/l)	Quantidades de sedimentos(g)
Peneiras	0,062-32	–	0,005
Tubo de acumulação visual	0,062-2,0	–	0,05-15,0
Densímetro	0,002-0,062	40.000-50.000	0,04-0,05
Pipeta	0,002-0,062	3.000-10.000	1,0-5,0
Tubo de retirada pela base	0,002-1,0	300-10.000	0,5-1,8

Os limites do tubo de retirada pela base podem ser ampliados para incluir as areias até 0,35 mm, mas a precisão diminui como aumento do tamanho das partículas.

Para o material do leito utilizam-se maiores quantidades nas peneiras(>0,5 kg), e quando se usa a série de peneiras de Tyler é necessário ter pelo menos 0,5 kg de sedimentos, sendo que as sub-amostras coletadas deverão ter uma soma de 2kg ou mais para permitir o adequado quarteamento e composição final a ser peneirada.

Os volumes mínimos necessários para a amostragem para análise de concentração média de sedimentos em suspensão, segundo a WMO (1981) são:

Concentração esperada de sedimentos em suspensão(g/m ³ , mg/l, ppm)	Volume da amostra(l)
>100	1
50 a 100	2
20 a 30	5
<20	10

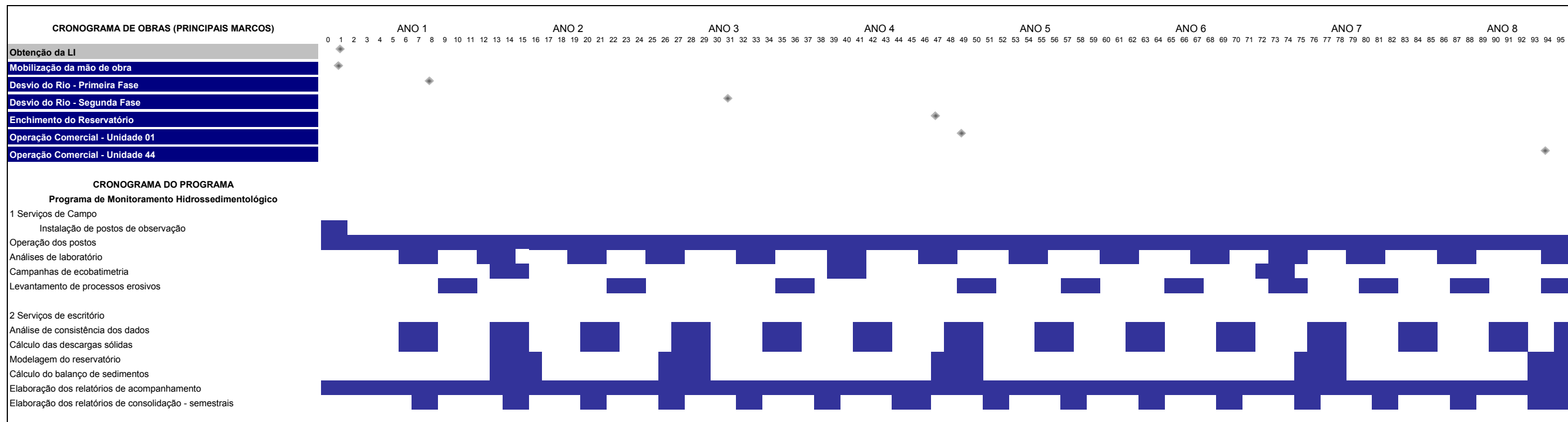
Normalmente o volume a ser coletado é muito maior do que o necessário para a concentração, sendo os métodos usuais e mais usados no Brasil o do tubo de retirada pela base, o da pipetagem, o tubo de acumulação visual e o de peneiramento, sendo os dois primeiros utilizados para sedimentos finos (siltes e argilas) e os dois últimos para areias.

Cada um deles, isto é dos métodos, deve ter uma quantidade mínima para a análise em relação ao peso para garrafas com volume de 400ml exigidas para análise adequada de granulometria:

Tipologia de análise	Limites de granulometria(mm)	Quantidade mínima(g)
Peneira	0,0062-0,5	0,07
	0,25-2,0	0,5
	1,0-16,0	20
Tubo de acumulação visual	0,062-0,5	0,05
	0,062-2,0	5
Pipeta	0,002-0,062	0,8
Tubo de retirada pela base	0,002-0,062	0,5

Com é difícil para o hidrometrista decidir as quantidades no campo, a decisão pode ser feita a partir do volume, conforme pode ser obtido em gráficos como os de Porterfield(Guy/Norman, 1970 e Edwards/Glysson, 1988).

Como é difícil conhecer a priori a granulometria as campanhas já realizadas na bacia nos estudos anteriores e as existentes no banco de dados da ANA poderão servir como um bom balizador no caso do rio Madeira e seus afluentes.



ÍNDICE

4.7 - Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico	1/41
4.7.1 - Apresentação	1/41
4.7.2 - Introdução	1/41
4.7.3 - Justificativa	5/41
4.7.4 - Objetivos.....	6/41
4.7.4.1 - Geral.....	6/41
4.7.4.2 - Específicos	7/41
4.7.5 - Metas	8/41
4.7.6 - Resultados Esperados	9/41
4.7.7 - Base Legal	10/41
4.7.8 - Âmbito de Aplicação	11/41
4.7.9 - Materiais e Métodos	12/41
4.7.10 - Desenho Amostral	12/41
4.7.11 - Georeferenciamento das Estações de Coleta	15/41
4.7.12 - Definição das Variáveis Amostradas	15/41
4.7.13 - Amostragem Abiótica	15/41
4.7.13.1 - Água (AG)	15/41
4.7.13.2 - Solos (SL).....	16/41
4.7.13.3 - Sedimentos (SD).....	17/41
4.7.13.4 - Material Particulado em Suspensão (MPS)	19/41
4.7.14 - Amostragem Biológica	20/41
4.7.14.1 - Peixes (PX).....	20/41
4.7.14.2 - Invertebrados Aquáticos (IA).....	21/41

4.7.14.3 - Mamíferos Aquáticos (MAQ)	22/41
4.7.14.4 - Macrófitas Aquáticas (MA)	23/41
4.7.14.5 - Plânctons (PL)	24/41
4.7.15 - Taxa de Metilação (TM)	24/41
4.7.16 - Monitoramento de Fontes Difusas	25/41
4.7.17 - Treinamento	25/41
4.7.18 - Estudos Epidemiológicos	25/41
4.7.19 - Desenho Amostral	26/41
4.7.20 - Critérios de elegibilidade	26/41
4.7.21 - Estruturar instrumentos de coleta	26/41
4.7.22 - Seleção e treinamento dos entrevistadores no campo	27/41
4.7.23 - Revisão, avaliação e codificação dos questionários.	27/41
4.7.24 - Coleta de material biológico	27/41
4.7.25 - Avaliação Clínica, Neurológica e Neuropsicológica	28/41
4.7.25.1 - Avaliação clínica	28/41
4.7.25.2 - Avaliação neurológica	28/41
4.7.25.3 - Avaliação neuropsicológica	28/41
4.7.26 - Avaliação da Exposição Ambiental	29/41
4.7.26.1 - Estimativa da dose potencial.	29/41
4.7.26.2 - Abordagem Participativa	30/41
4.7.27 - Análise dos Dados	30/41
4.7.28 - Banco de Dados e Georeferenciamento das Informações	32/41
4.7.29 - Análise Estatística dos Dados	32/41
4.7.30 - Análise Espacial e Geoestatística dos Dados	33/41
4.7.31 - Métodos de Verificação/Indicadores	34/41

4.7.32 - Público Alvo	34/41
4.7.33 - Relatórios/Produtos	35/41
4.7.34 - Cronograma.....	35/41
4.7.35 - Interface com outros Programas	35/41
4.7.36 - Equipe Técnica para a Execução	35/41
4.7.37 - Referências Bibliográficas.....	36/41
4.7.38 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa	41/41

ANEXOS

Anexo 1 - Cronograma

4.7 - Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico

4.7.1 - Apresentação

Este Programa tem como objetivo monitorar a área de influência direta do Aproveitamento Hidrelétrico Jirau (AHE Jirau), referente à hidrobiogeoquímica do mercúrio (Hg), e deverá atender às condicionantes específicas 2.7, 2.8 e 2.9 da Licença Prévia N°. 251/2007, emitida pelo IBAMA com base no Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto do Meio Ambiente (EIA-RIMA). Trata-se de um programa que dará subsídios técnico-científicos na área de Ambiente e Saúde, monitorando a área de influência do empreendimento, na implementação de um programa de vigilância em saúde ambiental, tendo como alvo do estudo as comunidades ribeirinhas do rio Madeira expostas ao mercúrio através da ingestão de peixes nas fases de pré-enchimento da área do reservatório e após seu enchimento. Trata-se de um programa que analisa os riscos da exposição ao mercúrio e buscará definir um risco aceitável pela sociedade garantindo um controle de qualidade para consumo local do pescado do rio Madeira e seu gerenciamento socioambiental.

4.7.2 - Introdução

O presente programa tem o desafio da interdisciplinaridade compartilhando responsabilidade e conhecimento a partir de uma situação única de um projeto de desenvolvimento para a região do rio Madeira.

Represas desempenham um papel importante no desenvolvimento social e econômico de muitos países. Hoje, quase metade dos rios do mundo tem pelo menos uma grande represa e um terço dos países depende de usinas hidrelétricas para produzir mais da metade da sua eletricidade (Couto, 1996). Atualmente, existem cerca de 45.000 grandes represas em todo o globo, com os maiores potenciais hidrelétricos situados em grandes bacias como a do Amazonas, do Congo e do Mekong (Couto, 1996). Só no Brasil existem mais de 500 hidrelétricas e isto representa apenas 24 % de todo o potencial hidroenergético estimado para o país. Entretanto, a construção de represas pode facilitar o desenvolvimento e a disseminação de doenças, até o momento não endêmicas, devido a mudanças bruscas no ecossistema (Tubaki et al., 2004). Além disso, a fragmentação social resultante de grandes represas pode acarretar significantes efeitos adversos na saúde de comunidades locais. O acesso à água potável, serviços de saúde e a capacidade de lidar com um

novo ambiente social e físico são determinantes das condições de saúde (*World Commission on Dams*, 2000).

No AHE Jirau, além do potencial impacto para a saúde que este empreendimento pode representar, temos também a toxicidade do mercúrio como um dos principais problemas de saúde pública que poderá ter seu cenário reconstituído em virtude das alterações ambientais. O impacto socioambiental acarretado pelo mercúrio na região da Amazônia Legal em decorrência da “Corrida do Ouro” na década de 80 marcou a Amazônia nos fóruns de discussões nacionais e internacionais.

Os 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 à exposição humana a certos compostos químicos, a exemplo do metilmercúrio (MeHg), cádmio (Cd), chumbo (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, todos eles geram impactos e deterioração da qualidade da água e interferem na quantidade de água disponível.

O Mercúrio

A bacia superior do rio Madeira foi a segunda mais importante região produtora de ouro de garimpo na Amazônia durante 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 SW de Porto Velho à NE-SW da Vila de Abunã (Bastos & Lacerda, 2004). Entre 1979 e 1990 estima-se que cerca de 90 toneladas de mercúrio foram liberadas para o meio ambiente, sendo cerca de 60% emitida para a atmosfera e o restante perdido sob forma de Hg metálico na calha do próprio rio (Pfeiffer & Lacerda, 1988; Lacerda *et al.*, 1989). Segundo Lacerda *et al.* (2004), essa porção emitida para 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 a 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 porção brasileira da bacia (Maurice-Bourgoin *et al.*, 2000). O rio Mutum-Paraná, afluente da margem direita, desde a “corrida do ouro” vem sendo utilizado como apoio logístico para balsas e dragas, atividade que era 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 desconsiderando, entretanto, o mercúrio de origem natural que no caso do rio Madeira, as fontes podem ser originárias 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 incluem as propriedades biogeoquímicas das localidades específicas, o que na região podem estar sendo influenciadas pelas várias formas de uso da terra, que deverão resultar 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 por 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, como 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, sendo que desta forma podem estimular os processos de metilação. Portanto, o mercúrio depositado nos sedimentos de rios e lagos, pode ser proveniente dos lançamentos diretamente nos rios como ocorre na exploração de ouro (Pfeiffer *et al.*, 1991) ou pela enxurrada devido à erosão do solo onde o Hg está depositado e, então transportado adsorvido às partículas de solo até os sistemas aquáticos adjacentes (Roulet *et al.*, 1999).

Uma vez lançando no sistema aquático na sua forma química metálica, o mercúrio tende, devido sua alta densidade, ir para o fundo. Porém, a elevada energia do rio Madeira seria suficiente para transportá-lo até áreas de “encaixe”, onde ficaria retido e, provavelmente, seria

imobilizado pela deposição dos sólidos em suspensão. Com isso, as regiões de maior probabilidade desta deposição ocorrer seriam as áreas de cachoeiras. Portanto, baseado nos cálculos de Lacerda *et al.* (1989), poderão estar depositados na sub-bacia do rio Madeira aproximadamente 40 toneladas de mercúrio. Certamente, uma porção desse mercúrio se disponibilizou e transformou-se quimicamente até sua forma mais tóxica, metil-mercúrio, bioacumulando-se e biomagnificando-se ao longo da cadeia trófica. Outra parcela pode ter sido transportada adsorvida aos sólidos em suspensão, que por sua vez sedimentada em outras áreas de remanso do rio, também sujeitas aos processos de biodisponibilização, já que o mercúrio adsorvido ao particulado é passível de formar complexos solúveis, principalmente quando na presença de compostos húmicos. As porções inativas desse Hg metálico, por sua vez, são fontes potenciais com riscos de sofrerem remobilização, por atividades que revolvam solos recentes.

O ciclo biogeoquímico do mercúrio se dá por alterações na sua forma química 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 Hg 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 considerada. É reconhecidamente tóxico na forma catiônica Hg^{+2} , mas sua forma química mais tóxica é a metil-mercúrio (CH_3Hg^+). 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 realizada pelos anaeróbicos, no entanto, 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 macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) que em sedimento de fundo, ambos de uma mesma região. Isso ocorre devido à eficiente superfície

de retenção de partículas realizada pelas raízes da espécie mencionada, somada à 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 e 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 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 interrelacionam, 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-mercúrio 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, como as espécies com as concentrações mais elevadas de mercúrio. Entre 70 e 90% do mercúrio total encontrado no pescado da Amazônia está na forma química metil-mercúrio.

Portanto, em resumo, o mercúrio de origem natural e/ou antrópica, ao entrar nos ecossistemas aquáticos é envolvido em ciclos biogeoquímicos mediados por microorganismos, onde será transformado quimicamente, bioacumulado e biomagnificado 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 seres humanos.

4.7.3 - Justificativa

O desenvolvimento tecnológico gera expectativas sociais, econômicas, ambientais que podem melhorar a qualidade de vida da sociedade. 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. A problemática ambiental é complexa e enquadra-se no conjunto dos problemas contemporâneos, sendo produto das atividades socioeconômicas.

As atividades agrícolas, pecuárias, de mineração e o desmatamento contribuem significativamente no comportamento complexo do mercúrio no contexto amazônico. A poluição química e biológica na bacia do rio Madeira configura um dos principais problemas socioambientais da Amazônia, podendo, neste aspecto, ser entendida como uma região que agrega características de um laboratório natural, cujo estudo poderá ser uma referencia 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 e pelo potencial de contaminação que estes passivos representam para a sociedade.

Os estudos dos processos e mecanismos de incorporação do mercúrio no meio ambiente brasileiro têm preocupado a comunidade científica nacional e internacional e, os órgãos ligados a saúde pública e ao meio ambiente, devido ao passado recente das atividades garimpeiras na bacia amazônica e seus impactos no ambiente e na saúde das populações potencialmente expostas a este agente, através do consumo de peixes.

É de extrema importância o monitoramento das condições ambientais no sistema aquático influenciado pelas diferentes etapas de implementação do empreendimento hidrelétrico, assim como analisar o perfil de saúde das comunidades ribeirinhas antes, durante e após a construção do empreendimento hidrelétrico dando ênfase àquelas com hábitos tradicionais ribeirinhos, inclusive àquelas tradicionais ribeirinhas do baixo rio Madeira. Pois estas se encontram bastante isoladas e são as principais consumidoras e, em grandes quantidades, dos peixes.

4.7.4 - Objetivos

4.7.4.1 - Geral

- Efetuar monitoramento ambiental e humano no pré-enchimento e pós-enchimento do reservatório de Jirau, determinando as concentrações de poluentes organo-metálicos, a exemplo do mercúrio, avaliando o risco da exposição humana a este elemento químico e os potenciais efeitos adversos para as comunidades ribeirinhas do rio Madeira.

4.7.4.2 - 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 físicas e químicas, em consonância com o previsto pelo Programa de Monitoramento Limnológico.
- Selecionar e avaliar duas comunidades ribeirinhas quanto ao perfil epidemiológico, fatores de risco, inquérito alimentar, avaliação da exposição e anamnese.
- Promover treinamento na identificação, manipulação e armazenamento do mercúrio metálico aos responsáveis da construção civil da obra na etapa de movimentação de terras na área da barragem em consonância com os responsáveis pela obra.
- Promover treinamento na identificação, manipulação e armazenamento do mercúrio metálico aos responsáveis da construção civil da obra na etapa de movimentação de terras na área da barragem, em consonância com o Programa Ambiental para Construção (PAC).
- Estruturar bancos de dados georreferenciados das matrizes bióticas, abióticas, epidemiológicas, fatores de risco, inquérito alimentar e anamnese.
- Analisar a morbidade referida e o nível de exposição das comunidades ribeirinhas com as variáveis neurológicas, clínicas e comportamentais.
- Desenvolver um programa de capacitação para os profissionais de saúde nas áreas a serem comprometidas com o empreendimento com ênfase na toxicologia do mercúrio e seus efeitos para a saúde humana, em consonância com o Programa de Saúde Pública.
- Estruturar um programa de abordagem participativa junto às comunidades a serem comprometidas pelo empreendimento da hidroelétrica, em consonância com o Programa de Comunicação Social.
- Desenvolver um programa de percepção de risco para as comunidades que serão removidas da área de influência do empreendimento, em consonância com o Programa de Comunicação Social.

- 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 preditiva.
- Construir indicadores de saúde ambiental e ecotoxicológicos como ferramenta de gestão socioambiental, em consonância com o Programa de Saúde Pública.
- Em conjunto com outros Programas, construir um mapa de risco/vulnerabilidade socioambiental para a área de influência do empreendimento, com ênfase nas comunidades e construir indicadores de saúde ambiental que irão subsidiar um programa de vigilância ambiental.

4.7.5 - Metas

- Realizar análises de mercúrio em solos e sedimentos e material particulado em suspensão em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, dez (10) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de pré - enchimento e pós - enchimento.
- Mensurar 10 variáveis físico - químicas na coluna d'água em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de pré - enchimento e pós - enchimento.
- Realizar análises das espécies de Hg (Hgtotal, MeHg) em solos e sedimentos de fundo e material particulado em suspensão em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de pré - enchimento e pós - enchimento.
- Realizar análises das espécies de Hg (Hgtotal, MeHg) em peixes, macrófitas, macro invertebrados aquáticos, mamíferos aquáticos e zooplâncton em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de pré - enchimento e pós - enchimento.

- Realizar análises das espécies de Hg (Hg_{total} e MeHg) em perfis de sedimentos (core) coletados em áreas de remansos nas estações de coletas sendo em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de pré-enchimento e pós-enchimento.
- Realizar medidas semestrais de taxas de metilação no solo e no sedimento e nas raízes das macrófitas em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de pré-enchimento e pós-enchimento.
- Realizar campanhas de campo trimestrais, durante a execução das obras (fase rio) e, campanhas semestrais após a formação do reservatório.
- Realizar análise de mercúrio em peixes e macrófitas em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, uma (01) no rio Beni, seis (06) no rio Madeira, nove (09) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de pré-enchimento e pós-enchimento.
- Criar e alimentar um banco de dados georreferenciados para sistematizar as informações do Programa Hidrobiogeoquímico decorrentes das campanhas de campo e análise de laboratório.
- Fornecer informações sobre qualidade do pescado quanto aos níveis de contaminação por mercúrio do ecossistema aquático.
- Fornecer informações sobre as alterações quali-quantitativas das formas de mercúrio no pescado a montante a jusante do eixo da barragem.
- Integrar dados dos programas de limnologia, ictiologia, macrófitas aquáticas, mamíferos aquáticos, macro-invertebrados aquáticos para avaliar o fenômeno de biomagnificação nas guildas tróficas da ictiofauna a montante e a jusante do eixo da barragem.

4.7.6 - Resultados Esperados

De acordo com cada fase do projeto, espera-se obter informações sobre o comportamento espacial e temporal do mercúrio, bem como a investigação dos mecanismos de organificação, bioacumulação e biomagnificação desse elemento químico pela biota na área de abrangência do

empreendimento. Serão observadas nas áreas potencialmente críticas as taxas de metilação que se espera poder mapear os hot points.

Os estudos realizados durante a realização do EIA-RIMA serão complementados, contemplando as condicionantes da LP no. 251/2007, emitida pelo IBAMA. Este programa estabelece parâmetros de comparação na medida em que houver mudança na dinâmica do mercúrio logo após o início das obras do empreendimento.

Com este programa espera-se acompanhar, obedecendo a sazonalidade regional, a evolução do comportamento do mercúrio nas áreas potencialmente críticas durante a fase que antecede o enchimento 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.

Espera-se ainda a partir de dados de mercúrio obtidos nas principais vias de exposição, oferecer subsídios para os estudos de dose potencial de exposição através da quantificação da ingestão diária de mercúrio nas populações expostas 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), assim como solos contaminados podem ter influência direta em crianças menores de 5 anos, sendo uma importante via de exposição.

4.7.7 - Base Legal

Este programa será norteado por determinações da Legislação Brasileira (Portarias, Resoluções, Decretos, Instruções Normativas), descritas a seguir:

- Portaria no. 685 da Agência Nacional de Vigilância Ambiental de 27 de agosto de 1998, republicada no Diário Oficial da União de 24.09.1998, estabelece níveis de máximos de contaminantes químicos em alimentos, a exemplos dos elementos químicos arsênio, chumbo, cádmio e mercúrio em pescado.
- Resolução no. 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente de 17 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento e também estabelece níveis máximos dos elementos químicos nas diferentes classes de uso dos cursos d'águas.

- Portaria no. 1274 do Departamento de Polícia Federal de 25 de agosto de 2003 que passa a controlar e fiscalizar alguns reagentes químicos. Alguns ácidos e solventes que serão utilizados nesse programa são controlados necessitando, portanto, de autorização e controle para utilização.
- Decreto no. 3665 do Ministério do Exército de 20 de novembro de 2000 regulamenta a fiscalização de produtos químicos controlados. Alguns ácidos (HNO₃ e HF) que serão utilizados nesse programa necessitará de um Certificado de Registro emitido pela Brigada do Exército local, após fiscalização de uso e local.
- Resolução no. 196 do Conselho Nacional de Saúde de 10 de outubro de 1996 cria a Comissão Nacional em Ética em Pesquisa. Esta comissão tem a função de implementar as normas e diretrizes regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, aprovadas pelo Conselho. Tem função consultiva, deliberativa, normativa e educativa, atuando conjuntamente com uma rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEP) organizados nas instituições onde as pesquisas se realizam. Portanto, este programa deverá obter a aprovação do CEP para iniciar as atividades com humanos proposta.
- Resolução no. 02 da Comissão Nacional de Energia Nuclear de 15 de setembro de 1997, publicada no Diário Oficial da União em 16 de outubro de 1997. Esta Resolução aprova a Norma Nuclear com os requisitos para o registro de pessoas física para o preparo, uso e manuseio de fontes radioativas (Norma CNEN NN 6.01). Este Programa necessitará deste registro para as medições de Taxas de Metilação, pois fará uso de um traçador radioativo.
- Instrução Normativa no. 154 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis de 01 de Março de 2007. Instituiu o Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - Sisbio, para fixar normas sobre a realização de coleta de amostras biológicas, com finalidade científica ou didática no território nacional, na plataforma continental, no mar territorial e na zona econômica exclusiva.

4.7.8 - Âmbito de Aplicação

O programa de monitoramento hidrobiogeoquímico, que tem como foco o mercúrio, deverá ocorrer em todas as fases dos procedimentos de engenharia do empreendimento, inclusive acompanhando a movimentação de terra na área do canteiro de obras do AHE Jirau. Outro aspecto importante nesse programa é não ficar restrito à área principal do empreendimento,

sobretudo considerar trechos a montante e jusante da futura barragem, considerando inclusive o empreendimento a jusante (AHE Santo Antônio). Para tal foi considerada a área limite a montante na formação do rio Madeira (rios Beni e Mamoré) e a jusante a região de transição entre os 2 reservatórios (Reservatório de Santo Antônio).

Serão realizadas amostras pontuais nos rios Beni e Mamoré e estações ao longo do rio Madeira, considerando sempre os principais afluentes. Esta abordagem será importante, pois dará subsídios aos estudos de risco de exposição humana ao metil-mercúrio. Desta forma a 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 mercúrio na bacia do rio Madeira.

Destaca-se a importância de se manter a um ponto de monitoramento no rio Beni. Porém, por se tratar de um rio localizado em território Boliviano, a inclusão de estação de amostragem em território estrangeiro necessita de autorização do governo local. Por esse motivo foi selecionado uma estação no território nacional, próxima a confluência com o rio Mamoré.

4.7.9 - Materiais e Métodos

A metodologia a ser utilizada terá uma abordagem interdisciplinar e multiinstitucional, de modo a integrar o conhecimento do sistema ambiental e suas inter-relações com a saúde humana. Esta abordagem permite avaliar as associações entre as condições sociais, ambientais e epidemiológicas nas áreas a serem monitoradas, de modo a construir indicadores de vigilância de saúde ambiental, que possam subsidiar ações de caráter preventivo e respaldar tecnicamente ações a médio e longo prazos.

A dimensão e a complexidade do projeto exigem a implantação de uma infra-estrutura local com a definição de parcerias locais, seleção de pessoal para o treinamento, contratação de pessoal de campo, estagiários, suporte técnico, dentre outros.

ETAPA 01 (AMBIENTAL)

4.7.10 - Desenho Amostral

O processo metodológico inicia-se pelo estabelecimento das estações de amostragens no programa de monitoramento do comportamento de Hg na área do AHE Jirau. Determinação das variáveis monitoradas, métodos de investigação e análise de resultados.

A escolha das estações de coletas compreende primeiramente as áreas indicadas no EIA-RIMA como áreas com potencial para organificação de Hg. Além destas áreas, as amostragens se estenderão às outras estações de monitoramento que estão apresentadas de forma detalhada no Tabela 4.7-1.

Tabela 4.7-1 - Tabela das estações de monitoramento com a localização aproximada (coordenadas geográficas) dos pontos amostrais e o detalhamento das atividades desenvolvidas

Estação de Monitoramento	Longitude W	Latitude S	Descrição das Atividades Desenvolvidas
Rio Beni	65° 23' 52"	10° 22' 44"	Localizada no rio Beni. Esta estação compõe as investigações no sistema Beni. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas.
Rio Mamoré	65 23' 19.98"	10° 23' 28.9"	Localizada no rio Mamoré coincidente com a Estação do programa de Limnologia. Esta estação compõe as investigações no sistema Mamoré. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas.
Igarapé Araras	65° 19' 05"	10° 00' 50"	Estação localizada no Igarapé Araras, local onde se observa atividade garimpeira de ouro. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito no item Metas. Esta estação situa-se a montante do reservatório fora da área de influência. Porém atualmente há atividades garimpeiras nas proximidades do Igarapé Araras. Este local torna-se importante estação para monitoramento de Hg, sobretudo de fontes difusas.
Rio Abunã	65° 26' 26"	09 ° 41' 11"	Rio Abunã próximo a foz com o rio Madeira, será verificado neste ponto o aporte de Hg via MPS, Hg na coluna d'água e deposição de Hg no sedimento de fundo e, posterior bioacumulação nas matrizes bióticas. Posteriormente, nas fases de enchimento e pós-enchimento será realizado monitoramento de Hg nos bancos de macrófitas que eventualmente poderão se formar nestas áreas com a diminuição da velocidade da água do rio Abunã formando ambientes lênticos.
MD 1	65° 26' 41"	09° 39' 43"	Estação próxima a cota 90, cota máxima de enchimento. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas
MD 2	65° 23' 13"	09° 36' 31"	Ponto situado início do barramento. Local onde poderá ocorrer gradiente de modificação físico-químico na coluna d'água, como entrada de nutrientes. Transição entre ambiente lótico e lêntico. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas.
Igarapé São Simão	65° 14' 05"	09° 36' 38"	Igarapé São Simão afluente da margem esquerda do rio Madeira sofrerá influência direta do barramento de Jirau. Igarapé importante no monitoramento da biota associada a este curso d'água. As transformações físicas e químicas das águas do Igarapé somado a inundações dos solos marginais, fazem deste local potencial sítio de metilação. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas
MD 3 - Igarapé Castanho	65° 07' 33"	09° 36' 01"	Estação situada na foz do Igarapé Castanho área de influência direta do barramento. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas. Esta estação é importante ponto de monitoramento de Hg e taxa de metilação nos solos marginais e solos da área inundada durante o período de pré-enchimento até a fase de pós-enchimento.

Estação de Monitoramento	Longitude W	Latitude S	Descrição das Atividades Desenvolvidas
Rio Mutum-Paraná	64° 55' 15"	09° 36' 25"	Estação situada no rio Mutum Paraná. Área de influencia direta do barramento. Nesta estação serão verificados os parâmetros físico-químicos e as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas.
Rio Mutum-Paraná - Bolsões de inundação	64° 49' 58"	09° 34' 52"	Estação situada nos bolsões de inundação no rio Mutum Paraná. Área de influência direta do barramento. Nesta estação serão verificadas as variáveis físico-químicas e as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas. Estes bolsões de inundação são apontados no EIA-RIMA como área com forte influencia sobre as variáveis físico - química tornando -a como área potencialmente critica para metilação de Hg e exportação de MeHg para coluna d'água. Análise de taxas de metilação e MeHg na coluna d'água serão realizadas nesta estação para avaliar a biodisponibilização do Hg para a fauna aquática. Será necessário o monitoramento do solo do entorno destes bolsões de inundação durante as fases de pré e pós-enchimento.
MD 4	64° 53' 26"	09° 34' 20"	Estação situada a Jusante do rio Mutum Paraná área de influencia direta do barramento. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas. Há necessidade de amostragens de MPS e sedimento de fundo na forma de transectos lineares no canal do rio Madeira (margens direita e esquerda e canal central). Monitoramento nos solos marginais na área inundada durante o período de pré-enchimento e, na área não inundada compreendendo deste o início do monitoramento ate a fase de pós-enchimento.
Igarapé São Lourenço	64° 50' 51"	09° 21' 54"	Igarapé situado a margem esquerda do rio Madeira, drena a área da Estação Ecológica Estadual Três Irmãos. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas. Importante estação para monitoramento da biota. Constitui um importante local de abrigo, reprodução para peixes e outros organismos aquáticos. A alteração nas condições físico-químicas podem aumentar a disponibilidade de MeHg na coluna d'água. Sendo importante local de incorporação de Hg na cadeia trófica.
MD 5 - Igarapé Jirau	64° 43' 36"	09° 16' 21"	Igarapé do Jirau situado a margem direita do rio Madeira, ponto de monitoramento da biota, constitui importante local de abrigo, reprodução para peixes e outros organismos aquáticos. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas. Amostragens de solo e acompanhamento das atividades humanas como uso da terra. Verificar as alterações físico-químicas nas águas que podem aumentar a disponibilidade de MeHg na coluna d'água. Sendo importante local de incorporação de Hg na cadeia trófica.
MD 6 - Caripunas	64° 37' 19"	09° 11' 33"	Ponto imediatamente a jusante de Jirau e Caldeirão, próximo ao igarapé Caripunas, margem esquerda do rio Madeira. Nesta estação serão verificados as concentrações de Hg em matrizes bióticas e abióticas conforme descrito nos itens objetivos específicos e metas. Transectos lineares para amostragem de água envolvendo análise de Hg em MPS e na água total. Amostragem da biota para verificar efeitos de biomagnificação do Hg a jusante do reservatório.

Obs. 1: Os peixes para os estudos de Hg far-se-á uso da amostragem da do Grupo da Ictiofauna.

Obs.2: A periodicidade de monitoramento de campo (coletas de matrizes bióticas e abióticas) será trimestral e semestral após estabilização do sistema rio/reservatório.

Obs. 3: É importante existir um entrosamento com os estudos de monitoramento do empreendimento de Santo Antônio.

4.7.11 - 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:

- Sistemas de Coordenadas Geográficas: com segundos expressos até três casas decimais.
- Datum: Datum Horizontal oficial adotado pelo IBGE: SAD 69 (South América Datum 1969).

4.7.12 - 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 aquáticas (MA), plânctons (PL) (zooplâncton (ZO) e fitoplâncton (FP)), invertebrados aquáticos (IA), mamíferos aquáticos (MAQ) e a atividade bacteriana com potencial de metilação (PM). Em todos os pontos selecionados para o monitoramento hidrobiogeoquímico serão também medidos “*in loco*” os parâmetros físicos e químicos (pH, condutividade elétrica, Eh, oxigênio dissolvido, temperatura, transparência, turbidez, profundidade).

4.7.13 - Amostragem Abiótica

4.7.13.1 - Água (AG)

As concentrações de mercúrio total (HgT), mercúrio reativo (HgR) e mercúrio orgânico (HgORG) na coluna d'água serão monitoradas em 4 períodos ao longo do ano. A amostragem nos pontos de coleta definidos será durante as fases 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 alagamento. O monitoramento será realizado durante as fases de pré-

enchimento e pós-enchimento a partir de coletas trimestrais até a estabilização do reservatório, contemplando as fases de cheia, seca, vazante e enchente, distribuídas de acordo com o ciclo hidrológico anual do rio Madeira.

As amostras de águas serão coletadas em garrafas de teflon e preservada com ácido nítrico (HNO₃ 65% ultra-puro), conforme orienta a EPA (Environment Protection Agency), mantendo o pH da água inferior a 2,0 até o momento das análises. Entretanto, para a análise de HgORG, a fração orgânica da amostra de água será previamente extraída com diclorometano e armazenada em refrigerado.

Os teores de mercúrio reativo (HgR), mercúrio total (HgT) e mercúrio orgânico (HgORG) serão quantificados por espectrofotometria de absorção atômica acoplada ao gerador de vapor frio.

O mercúrio reativo (HgR) é um parâmetro definido operacionalmente que engloba todas as espécies de mercúrio passíveis de serem reduzidas a mercúrio elementar por cloreto estânico, enquanto o mercúrio total (HgT) representa todas as espécies de mercúrio presentes na amostra de água, envolvendo um etapa prévia de oxidação destas espécies para Hg⁺² antes da quantificação. A fração de mercúrio orgânico (HgORG) representa todo o estoque de espécies orgânicas presentes na água, sendo o metilmercúrio a espécie predominante, portanto HgORG é previamente extraída com diclorometano antes da quantificação (Bisinoti et al., 2007).

4.7.13.2 - Solos (SL)

Os solos serão amostrados próximos às margens do rio Madeira e 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 total (HgT) 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 a foz dos afluentes indicados no EIA-RIMA como áreas com maior

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

Serão realizados perfis de solos a partir do horizonte orgânico até os horizontes **A**, **B** e **C**. Serão distribuídos estações de coletas de solo as margens do rio Madeira e 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. Será realizada conjuntamente a análise de mercúrio no solo, análises granulométricas e do teor de matéria orgânica para verificar o potencial de estocagem de mercúrio no solo e posterior disponibilização após os 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 homogeneizadas 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, maceração e digestão da amostra, procede-se a análise dos teores de mercúrio por espectrofotometria de absorção atômica acoplada ao gerador de vapor frio.

4.7.13.3 - Sedimentos (SD)

O mercúrio total (HgT) e metilmercúrio (Metil-Hg) no sedimento serão monitorados 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 garimpagem de ouro; áreas próximas onde será realizada remoção de florestas e movimentação de solos e rochas para construção do reservatório. Serão estabelecidos pontos a montante e a jusante destas atividades, pois contribuem para o transporte de mercúrio depositado no solo para os sedimentos via enxurradas. A amostragem compreenderá desde a foz destes afluentes, pois estes locais estão indicados no EIA-RIMA, como nas áreas preferenciais de organificação do Hg, possibilitando sua incorporação na cadeia trófica.

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 (AII) do rio Madeira. Desta forma a amostragem nos afluentes compreenderá desde a foz no 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 Hg adsorvido aos sólidos em suspensão, podendo depositar 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 Hg em toda a bacia do rio Madeira. Objetiva-se com este padrão de amostragem verificar o comportamento do Hg fora e dentro das áreas de inundação do reservatório para posterior comparação.

As amostras de sedimentos de fundo serão coletadas trimestralmente antes e durante o enchimento do reservatório contemplando as fases de cheia, seca, vazante e enchente. Entretanto, após a estabilização do reservatório será semestral de acordo com o ciclo hidrológico anual do rio Madeira de cheia e seca. As amostras serão coletas utilizando-se de 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 resfriados até o momento de preparação e análise da amostra no laboratório.

Os perfis verticais de sedimento serão coletados com tubo de acrílico de dimensões 100cm 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 5cm 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 homogêneas 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 μ m), considerada a mais ativa fisicamente em processos de adsorção, por possuir maior área superficial (Bastos, 1997; Bastos et al, 1998). Em seguida, a fração fina do sedimento será transferida para um gral de porcelana e será seca em estufa a temperatura de 50°C. Após secagem, maceração e digestão das amostras

procedem-se as análises dos teores de mercúrio total (HgT) por espectrofotometria de absorção atômica acoplada ao gerador de vapor frio.

A quantificação de metilmercúrio (Me-Hg) envolverá a fase de digestão da amostra com hidróxido de potássio em meio alcoólico, extração com ditizona-tolueno e após a fase de clean-up quantificação por cromatografia gasosa (Bisinoti et al., 2007).

4.7.13.4 - Material Particulado em Suspensão (MPS)

O monitoramento do transporte de mercúrio pelo MPS será realizado durante as fases de pré-enchimento e pós-enchimento com amostragens trimestrais até a estabilização do reservatório, contemplando as fases de cheia, seca, vazante e enchente, distribuídas de acordo com o ciclo hidrológico anual do rio Madeira.

Especial atenção será dada às áreas de maiores atividades antrópicas e áreas de garimpagem de ouro, pois estas áreas constituem fontes potenciais de mercúrio adsorvido as 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 a amostragem de MPS será realizada a cada trimestre do ano de enchimento com objetivos de verificar possíveis mudanças em 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 5litros de polietileno que serão transportadas sob refrigeração. No laboratório serão filtradas em filtros de fibra de vidro de 0,45 µm (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 à massa de particulado presente no volume de água filtrado em cada ponto de coleta. Posteriormente, o filtro sofrerá extração química para quantificação por espectroscopia atômica e Hg total pela técnica de espectrofotometria de absorção atômica acoplada ao gerador de vapor frio.

4.7.14 - Amostragem Biológica

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

Propõe-se a seguinte abordagem de coleta e análise das amostras bióticas: A amostragem ocorrerá nas estações de coletas que constituem as áreas indicadas na figura 1. Levando-se em consideração aspectos ecológicos e ecotoxicológicos, serão estabelecidas estações de coletas próximas a foz dos principais tributários do rio Madeira. 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, inclusive os bolsões de inundação formados nestas áreas.

4.7.14.1 - Peixes (PX)

Esta matriz necessitará integração com o Programa de Monitoramento e Conservação da Ictiofauna, que fornecerá alíquota dos indivíduos capturados, assim como as informações de identificação da espécie, peso total e comprimento total. O monitoramento de mercúrio total (Hg-T) e metil-mercúrio (MeHg) serão realizados em peixes bioindicadores nas áreas de influência direta (AID) e de influência indireta (AII) considerando a montante e a jusante do empreendimento. Estas amostragens serão conforme os procedimentos definidos pelo Programa de Monitoramento e Conservação da Ictiofauna e terá como objetivo avaliar a exportação, bioacumulação e biomagnificação do MeHg.

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.

Considera-se ainda a importância econômica que as espécies poderão atingir na área do empreendimento, uma vez que o aumento populacional destas espécies pode ocorrer após a transformação do ambiente lótico para lêntico. Considerando também que com a barragem a pesca terá o perfil modificado, por exemplo, preconiza-se a maior dificuldade de captura de grandes bagres *Brachyplatystoma sp* (dourada, piramutaba). No entanto, preconiza-se também que aumentará a captura de outras espécies, a exemplo do tucunaré, branquinha e jatuarana.

Quanto às espécies de importância econômica, estas poderão ser adquiridas diretamente de pescadores e nos mercados de peixe (dourado, filhote, jatuarana, surubim e pirapitinga - os mais caros; tucunaré, jaraqui, aracu, curimatã e pacu - os mais baratos). Entre as espécies consideradas, estão incluídas as espécies consumidas pela população local por isto estas serão coletadas diretamente nas comunidades ribeirinhas.

De acordo com Oliveira (2006) e Oliveira et al. (2007), o consumo médio de pescado por estas comunidades ribeirinhas tradicionais do baixo rio Madeira chega a 0,406 kg/dia por pessoa. Ao compararmos a média nacional que é de 0,060 kg/dia por pessoa, nota-se a importância desta fonte de proteína para a população ribeirinha Amazônica. Estudos desta natureza também estarão inclusos no item referente à avaliação da exposição humana ao metilmercúrio via alimentação, apresentado a seguir.

Os peixes serão amostrados, em consonância com o Programa de Ictiofauna, 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, fazendo uso de chaves de identificação, será realizada determinação em nível de espécie e, em seguida, serão fotografados.

Nessa amostragem será dada maior ênfase aos afluentes, pois estes abrigam a grande parte da fauna residente, conforme estabelecido pelo Programa de Monitoramento e Conservação da Ictiofauna. As espécies buscam estes locais por abrigo, alimentação e reprodução (Esteves & Aranha, 1999).

Para quantificação dos teores de mercúrio, as amostras de músculo dos peixes coletados serão digeridas quimicamente com ácidos e o mercúrio será quantificado pela técnica de espectrofotometria de absorção atômica acoplada ao gerador de vapor frio. A análise de MeHg envolverá as fases de digestão, extração orgânica e quantificação por cromatografia gasosa com detector de captura de elétrons (CG-ECD) ou cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-MS).

4.7.14.2 - Invertebrados Aquáticos (IA)

As coletas dos invertebrados aquáticos serão realizadas sazonalmente junto com as campanhas do Programa de Monitoramento Limnológico. 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 folhicho. 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 para posterior determinação de Hg-T, MeHg. 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.

4.7.14.3 - Mamíferos Aquáticos (MAQ)

Os mamíferos aquáticos são excelentes indicadores de biomagnificação, assim como qualquer impacto nestes organismos terá grande repercussão nacional e internacional. Neste sentido será necessária a relação do Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico com o Sub-Programa de Monitoramento dos Mamíferos Aquáticos e Semi-Aquáticos, dada às especificidades dos dois programas.

O Sub-Programa de Monitoramento de Mamíferos Aquáticos e Semi-Aquáticos tem como resultados esperados a coleção de material biológico (tecido, carcaças, outros) ao longo do trecho de Fortaleza do Abunã até a jusante de Jirau. Parte deste material biológico coletado poderá ser acondicionada e, posteriormente será realizado um estudo sobre Hg-T e MeHg nestes indivíduos capturados.

Entre os mamíferos aquáticos considerados neste programa de monitoramento estão representantes das Ordens Carnívora e Cetácea. Entre os indivíduos da ordem carnívora estão duas espécies de mustelídeos semi-aquáticos, a lontra (*Lontra longicaudis*) e a ariranha (*Pteronura brasiliensis*). A *Lontra longicaudis* é um animal solitário, podendo viver em casais, havendo pouca informação acerca das dimensões de sua área de vida. Foi reconhecido durante os estudos do EIA-RIMA que, invariavelmente, os mustelídeos rasgam as redes de pesca. Informações sobre as espécies predadas podem dar um indicativo das espécies utilizadas como fonte de alimentação para estes grupos de animais. Será necessária a inclusão destas espécies de peixes na lista de espécies da ictiofauna a ser monitorada.

A Ordem Cetácea está representada por espécies da família dos botos vermelhos (*Inia geoffrensis* ou *Inia boliviensis*, Família Iniidae), ambas endêmicas dos rios da Bacia Amazônica. Estes animais encontram-se entre os maiores predadores no sistema aquático da Amazônia e no topo da cadeia alimentar. Os botos exercem um importante papel como reguladores das populações de peixes. Conseqüentemente, acumulam Hg em seus tecidos podendo ser indicadores da biomagnificação de Hg na área do empreendimento.

As informações ecológicas e biológicas mais específicas tais como: levantamentos mais aprofundados dos parâmetros ecológicos e biológicos serão contempladas nos demais programas, sobretudo no Programa de Conservação e Monitoramento da Ictiofauna, Programa de Conservação da Fauna: Sub-Programa de Monitoramento de Mamíferos Aquáticos e Semi-Aquáticos e Sub-Programa de Monitoramento da Entomofauna, que compreenderá a entomofauna riparia, e Programa de Monitoramento Limnológico, que compreenderá o estudo do zooplâncton, da entomofauna aquática, denotando mais uma vez que para o êxito do monitoramento do Hg na biota será necessária uma inter-relação efetiva entre esses Programas.

Ressalta-se que nas estações onde não forem realizados estudos ecológicos e biológicos devido à especificidade dos programas de monitoramento será necessária a ação conjunta dos programas de monitoramento das macrófitas aquáticas, limnologia, ictiofauna e hidrobiogeoquímica para melhor entendimento dos processos de biomagnificação nestes ambientes.

4.7.14.4 - 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, em consonância com o Programa de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas. 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 nos afluentes, uma vez que na calha do rio Madeira eles não são freqüentes, para verificar a eficiência de metilação nesses ambientes.

As amostras serão coletadas trimestralmente 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, MeHg.

4.7.14.5 - Plânctons (PL)

A amostragem de plâncton será realizada nas fases de pré-enchimento e pós-enchimento nos pontos localizados na malha amostral (**Mapa 2355-00-PBA-DE-2003-01 - Estações de Monitoramento Hidrobiogeoquímico**), em consonância com o Programa de Monitoramento Limnológico. 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 plânctons serão coletadas com o auxílio de redes de arraste com abertura de malha entre 25 e 68 μ m. Os organismos coletados serão separados por tamanho com o auxílio de sistemas de filtragem montados com telas de 25 e 68 μ m em alíquotas: uma com os organismos maiores que 68 μ m e outra entre 25 e 68 μ m. Processos utilizando-se de lavagem com água ultra-pura e centrifugação serão utilizados com objetivos de retirar os sólidos em suspensão que permanecerem aderidos às amostras. Estas amostras serão então liofilizadas para a posterior determinação Hg-T e MeHg.

A amostragem qualitativa e quantitativa do fitoplâncton (FT) e do zooplâncton (ZO) será realizada a partir da filtragem de 200 litros de água em redes com malha de 25 μ m e o mesmo volume em malha de 68 μ m, respectivamente. Essas amostras serão empregadas na avaliação da composição das comunidades de zooplâncton e fitoplâncton presentes no ambiente no momento das coletas, conforme estabelecido pelo Programa de Monitoramento Limnológico.

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 para verificar possíveis mudanças na dinâmica esperada. Após dois anos de monitoramento não havendo alterações significativas o monitoramento passará a ser realizado semestralmente.

4.7.15 - Taxa de Metilação (TM)

Além da determinação de Hg-T e MeHg nas matrizes bióticas e abióticas já apresentadas, serão realizados estudos sobre a taxa de metilação das áreas potencialmente críticas. Os principais sítios potenciais de metilação a serem analisados serão os sedimentos de fundo, água e raízes de macrófitas aquáticas (*Eichornia ssp*) durante os períodos de enchente, cheia, vazante e seca nas fases de pré-enchimento, enchimento e pós-enchimento (Guimarães et al., 2000; Miranda et al., 2004).

A medição da taxa de metilação de mercúrio, desenvolvida por Furutani & Rudd (1980), é uma técnica radioquímica utilizando mercúrio marcado (^{203}Hg) que objetiva entender os fatores biológicos e físico-químicos que controlam a produção e distribuição do metilmercúrio em sistemas aquáticos. Atualmente no Brasil esta técnica vem sendo utilizada/adaptada pelo Grupo do Prof. Dr. Jean Remy do Instituto de Biofísica da UFRJ que desenvolve estudos em várias partes do Brasil como rios e lagos do Pantanal e da região Amazônica.

4.7.16 - Monitoramento de Fontes Difusas

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

4.7.17 - Treinamento

Será promovido treinamento de uma equipe da engenharia, responsável pelas obras da barragem, para reconhecer, isolar a área com os cuidados necessários e armazenar em reservatório e local adequado caso sejam encontrados “bolsões de Hg” de mercúrio na fase metálica. Uma vez encontrados, os resíduos de Hg serão armazenados nos locais apropriados, até a destinação final adequada.

Os profissionais treinados deverão, após o treinamento, serem capaz de: 1- reconhecer o metal Hg misturado com “terras” e água; 2- manipular com segurança o metal, utilizando EPI adequado (luvas de nitrila, óculos de proteção e máscara de gases) transferindo-o para o local designado para acondicionamento.

ETAPA 02 (HUMANA)

4.7.18 - Estudos Epidemiológicos

Serão desenvolvidos dois tipos de estudos epidemiológicos: um ecológico a partir de dados secundários, e outro, possivelmente transversal, considerando o número de habitantes nas localidades, suas características sociais e econômicas e a faixa etária. A Organização Mundial da

Saúde (OMS) sugere a composição da amostra em determinadas idades e grupos etários, os quais serão utilizados neste monitoramento com algumas modificações, visando a maior representatividade no contexto amazônico.

4.7.19 - Desenho Amostral

Trata-se de um estudo transversal a ser realizado nas margens direita e esquerda do rio Madeira contemplando os indivíduos na área de influência do empreendimento, de todas as faixas etárias. O processo metodológico inicia-se com a delimitação da área do AHE Jirau com o cadastramento de todos os indivíduos que farão parte da amostra.

Todas as residências das famílias serão georreferenciadas para que todas as informações possam ser incluídas no Banco de Dados e posterior análise e uso no monitoramento. A construção de mapas base para trabalhos de campo será a partir dos programas ArcView e ArcGis.

As comunidades alvo do programa são aquelas que serão impactadas de forma direta ou indireta pelo empreendimento hidrelétrico na sua fase de pré-enchimento e pós-enchimento, sendo acompanhadas desde antes dos possíveis remanejamentos para outra área. A amostra será composta de adultos e crianças de ambos os sexos incluindo todas as faixas etárias que concordem em participar do estudo. Sabe-se que no caso do Hg, quanto maior a variabilidade de fatores que possam alterar a composição da amostra, maior deve ser o tamanho da amostra para validar as hipóteses testadas. Estima-se uma amostra com 1000 indivíduos.

4.7.20 - Critérios de elegibilidade

Três critérios de inclusão serão utilizados para definir os indivíduos constituintes da amostra: morar na comunidade por pelo menos 12 meses, ter o peixe como principal fonte de proteína animal e ter algum cabelo para análise. Os critérios de exclusão incluem ter antecedentes de cirurgia ou tumor intracraniano, acidentes vasculares cerebrais, e/ou problemas de delírio e/ou demência.

4.7.21 - Estruturar instrumentos de coleta

Um questionário com vários módulos será estruturado como o principal instrumento de coleta de dados, objetivando resgatar um conjunto de dados e informações relativas à caracterização dos grupos expostos. O questionário abrangerá módulos sócio-demográficos, história ocupacional,

morbidade referida, fatores de risco de adoecimento, hábitos sociais e culturais, inquérito alimentar, dentre outros. Uma vez estruturado, o questionário será testado em um pequeno grupo para verificar as dificuldades de linguagem, entendimento das questões, tempo de entrevista, receptividade das comunidades e tempo necessário de treinamento.

Após a análise destas entrevistas, o questionário será reformulado para sua aplicação. Antes da aplicação do questionário o entrevistador apresentará ao entrevistado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), uma vez havendo concordância em participar da pesquisa o entrevistado assinará o termo de concordância. Para os indivíduos incapacitados de ler o referido termo, será utilizado o sinal digital. Todos os entrevistados terão a pressão arterial medida, assim como os dados antropométricos, peso e altura.

4.7.22 - Seleção e treinamento dos entrevistadores no campo

A seleção dos entrevistadores será realizada após a análise do currículo e verificação de experiência local. Na seleção dos agentes de campo será considerada a questão cultural da região como elemento facilitador de participação e adesão ao estudo, na comunicação e na confiabilidade das respostas. A integração de pessoas da comunidade no estudo reduz o tempo de treinamento e auxilia na adequação da linguagem a ser utilizada no questionário. Também será necessário selecionar supervisores de campo para a revisão dos questionários que serão selecionados sob o mesmo critério.

4.7.23 - Revisão, avaliação e codificação dos questionários.

Uma primeira revisão e codificação será realizada em campo. Uma segunda revisão dos questionários será realizada pela coordenação do projeto. Todos os questionários terão digitação dupla para evitar erros de digitação.

4.7.24 - Coleta de material biológico

Antes de qualquer coleta todos os indivíduos que concordarem em participar do estudo passarão por uma breve entrevista para checagem do aceite da coleta de amostra biológica (leite materno, sangue, cabelo). A amostragem humana será realizadas nos anos 2, 6 e 12 do programa somente, sem medições anuais.

Para a avaliação da toxicologia do Hg em humanos serão coletadas amostras de cabelo, sangue e leite materno, segundo protocolos internacionais. Os cabelos são coletados da região da nuca, com tesoura de aço e por pessoal treinado, e acondicionados em sacos de polietileno. No laboratório, após lavagem, sofrerão mineralização e extração química 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 à temperatura de +5°C até o início do processo analítico. Os números de amostras de sangue, cabelo e leite materno a serem coletadas deverão ser de aproximadamente 1000 amostras.

4.7.25 - Avaliação Clínica, Neurológica e Neuropsicológica

4.7.25.1 - Avaliação clínica

Será elaborada uma ficha prontuária para a coleta de dados e anotações preliminares pela médica responsável pela avaliação clínica, constando de: identificação do paciente, história ocupacional, histórico familiar, alimentação, hábitos (fumo, consumo de álcool e drogas, condições de saúde gerais) e específicos (gastrointestinal, cardio-respiratório, neurológico, psíquico, dérmico, visual, auditivo). No caso do paciente apresentar alguma patologia, uma segunda entrevista poderá ser realizada acompanhada dos exames bioquímicos ou encaminhada para o posto de Saúde local. Esta avaliação será realizada para uma sub-amostra dos questionários em torno de 500. Todos os dados serão codificados e encaminhados para o Banco de Dados.

4.7.25.2 - Avaliação neurológica

Esta avaliação tem o objetivo de detectar alterações de coordenação motora, de sensibilidade térmica, dolorosa e tátil, de reflexos de movimentos involuntários, de força muscular, de equilíbrio de voz, de articulação das palavras, de pares cranianos. A função cognitiva será testada com instrumentos psicométricos e com uma adaptação do teste de *Mini-Mental State Examination* (MMSE).

4.7.25.3 - Avaliação neuropsicológica

Esta avaliação será realizada usando-se a metodologia recomendada pela Organização Mundial da Saúde, *Neurobehavioral Core Test Battery* (NCTB) complementado com testes nacionais. Este

segmento do estudo inclui testes clínicos simples de memória, equilíbrio, acuidade visual, linguagem e coordenação motora destinada 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 realizadas em território nacional (Pacheco-Ferreira, 2001; Fonseca, 2007).

A função motora possivelmente será avaliada pela bateria de aptidão de *Leon Walther* (TAM). A função cognitiva será avaliada pelo teste de *Suzi Vijandre Cambraia*. A aprendizagem e memória serão avaliadas pelo teste *Weshsler Memory Scale*. Também serão utilizados testes para identificar mudanças de humor e afeto. O número de indivíduos a serem amostrados dependerá das características das comunidades e de sua composição sócio-demográfica e etária.

4.7.26 - Avaliação da Exposição Ambiental

A avaliação da exposição tem como princípio definir o tipo e a magnitude da exposição que o agente estressor, no caso específico o mercúrio, representa para o ecossistema e para o homem. Esta informação será integrada à avaliação da toxicidade para caracterizar o risco potencial associado à exposição ao mercúrio. A avaliação da exposição tem como um dos objetivos caracterizar:

- i. A magnitude e a extensão espacial da potencial exposição ao Hg;
- ii. Caracterizar os caminhos e as vias de exposição;
- iii. Descrever os efeitos adversos ao ambiente e à saúde humana;
- iv. Descrever o perfil da variabilidade e as incertezas associadas à exposição.

4.7.26.1 - Estimativa da dose potencial.

A magnitude da exposição será avaliada pelas concentrações de mercúrio em peixes e água, dados antropométricos dos indivíduos expostos, taxa de ingestão de peixe diária. Tais informações serão obtidas pelo inquérito alimentar. A estimativa da exposição total ou parcial se traduz no cálculo da dose potencial, expressa em termos de dose por unidade de peso do indivíduo ou organismo por dia (mg/kg/d). O inquérito alimentar e a estimativa da magnitude da

exposição, juntamente com as estimativas do peso corpóreo permitiram realizar o cálculo da dose de mercúrio para o modelo exposição.

4.7.26.2 - Abordagem Participativa

Esta atividade do projeto deverá ter início com o mapeamento dos atores sociais locais e o papel das lideranças, para que seja possível dialogar com estes grupos e discutir as implicações e os impactos positivos e negativos do empreendimento em todas as suas fases de desenvolvimento. Também se faz necessário no contexto desta abordagem a discussão e a comunicação socioambiental de todas as etapas de desenvolvimento do empreendimento. Para isso serão necessárias ações conjuntas com o Programa de Comunicação Social.

Os indivíduos da pesquisa serão informados quanto ao estudo em realização e da importância do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para que os mesmos possam participar do estudo. O programa será submetido à aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), e somente após a sua aprovação terá início a parte dos estudos em humanos.

4.7.27 - 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 na figura 1.

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 sedimentologias.

(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 os 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 Beiguelman (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 ou menor número de amostras, este será utilizado.

4.7.28 - 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 georreferenciados, 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.

4.7.29 - 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 que 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 por 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.

4.7.30 - 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 existe mais de 30 técnicas diferentes, sendo as 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 à função aleatória que é descrita por uma função de densidade de probabilidade.

4.7.31 - Métodos de Verificação/Indicadores

Serão estabelecidos métodos quantitativos e qualitativos para avaliação do mercúrio durante as fases de execução do projeto.

O monitoramento do solo permitirá avaliar o potencial de acumulação de Hg destes solos e posterior disponibilização nas fases de enchimento e pós-enchimento do reservatório.

Serão comparadas as taxas de metilação dos sedimentos de fundo em cada fase do projeto para verificar se houve aumento ou redução do potencial de organificação do Hg nas áreas monitoradas. As concentrações de Hg-T e MeHg contido na biota, peixes e plânctons (compreendendo o fitoplâncton e zooplâncton), darão o indicativo do potencial de bioacumulação e biomagnificação do mercúrio durante as fases do empreendimento. Permitindo avaliar quando e como o mercúrio orgânico disponível esta sendo incorporado na cadeia trófica.

A análise de mercúrio no material em suspensão permitirá avaliar o aporte de Hg no reservatório como também a exportação deste elemento para áreas a jusante do reservatório.

A anamnese com os testes neurocomportamentais nas populações selecionadas correlacionadas aos dados das concentrações de Hg nas matrizes de leite e cabelo indicará o processo evolutivo do empreendimento sobre as comunidades tradicionais.

Os dados coletados organizados em Banco de Dados espaciais georeferenciados serão tratados de maneira sistêmica integrando dados de hidrossedimentologia, limnologia, ictiologia e dados sobre desmatamento, uso e ocupação do solo dentro da bacia de drenagem do Rio Madeira. Isto permitirá futuramente, a critério do empreendedor, combinar as técnicas de geoprocessamento com utilização de sensoriamento remoto e técnicas de análise multivariada para monitoramento de áreas a montante dos reservatórios e até mesmo fora do território brasileiro. A identificação e/ou construção de indicadores de vigilância ambiental será de fundamental importância no monitoramento de indicadores sentinelas de qualidade de saúde e na avaliação do impacto a ser gerado pelo projeto da hidrelétrica da área de influência.

4.7.32 - Público Alvo

Este programa tem como Público Alvo as comunidades ribeirinhas do rio Madeira dando suporte aos programas na área de saúde da região no conhecimento da toxicologia do mercúrio sobre os seres humanos.

4.7.33 - Relatórios/Produtos

Serão apresentados relatórios parciais trimestrais e um anual. Os relatórios conterão um diagnóstico ambiental e humano da presença de mercúrio em conformidade com o proposto 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.

4.7.34 - Cronograma

O cronograma deste programa é apresentado no **Anexo 1**.

4.7.35 - Interface com outros Programas

A análise técnicas dos resultados ambientais do programa de monitoramento de mercúrio será de forma sistêmica englobando dados do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, Programa de Monitoramento Limnológico, Programa de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas, Programa de Conservação e Monitoramento da Ictiofauna, Programa de Conservação da Fauna: Sub-Programa de Etnomofauna, Sub-Programa de Mamíferos Aquáticos e Semi-aquáticos, Programa de Controle do Desmatamento, Programa de Comunicação Social, Programa de Saúde Pública, além do Programa Ambiental para Construção (PAC). Estas informações serão organizadas em Banco de Dados 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.

4.7.36 - Equipe Técnica para a Execução

- Especialista em estudos do Hg na região Amazônica;

- Especialista em Avaliação de Risco à população humana;
- Especialista em Atividades de Campo;
- Especialista em Atividades Laboratoriais;
- Especialista em Quantificação de Hg total e orgânico;
- Estatístico;
- Biólogos Formados e em formação;
- Químicos Formados e em formação;
- Geógrafo formado e em formação;
- Médico Neurologista;
- Enfermeira;
- Psicólogo;
- Técnico de Laboratório;
- Auxiliar de Laboratório;
- Técnico Administrativo.

4.7.37 - 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.

BAIRD, C. 2002. **Química ambiental**. Ed. Bookman, 2. ed. Porto Alegre.

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. & 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.; 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.

BARROW, N.J. The reaction of plant nutrients and pollutants with soil. **Aust. J. Soil Res.**, 27:475-492. 1989.

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.

BISINOTI, M.C.; SARGENTINI JR. E.; JARDIM, W.F. Seasonal behavior of Mercury in Waters and sediments from de Negro River basin, Amazon, Brazil. **J. Braz. Chem. Soc.**, 18: 544-553. 2007.

COUTO, R. C. S. **Hidrelétricas e Saúde na Amazônia: Um Estudo sobre a Tendência da Malária na Área do lago da Hidrelétrica de Tucuruí, Pará**. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Instituto Oswaldo Cruz. 1996.

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.

FADINI, P.S. & JARDIM, W.F. Is the Negro River Basin (Amazon) impacted by naturally occurring mercury? *Sci. Tot. Environ.*, 275:71-82, 2001.

FONSECA, M. F. **O isolamento geográfico como interferente em avaliações neurológicas de possíveis efeitos tóxicos do metilmercúrio**. Tese de Doutorado no Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da UFRJ, 241p. 2007.

FURUTANI, A. & RUDD, J.W.M. Measurement of mercury methylation in lake water and sediment samples. *Applied Environmental Microbiology* 40:770-776. 1980.

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.

GOMES, J. P. **Hidrobiogeoquímica de elementos-traço na Bacia de drenagem do rio Madeira**. Monografia. Universidade Federal de Rondônia. 87p. 2005.

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.

HERING, J.G. **Implications of complexation, sorption and dissolution kinetics for metal transport in soils**. In: ALLEN, H.E.; HUANG, C.P.; BAILEY, G.W. & BEWERS, A.R., eds. Metal speciation and contamination of soil. Boca Raton, Lewis Publishers, p.59-83. 1995.

KEHRIG, H. A. & MALM, O. Methylmercury in fish as a tool for understanding the Amazon Hg contamination. *Applied Organometallic Chemistry*, Jonh Wiley & Sons Ltd, v. 13, p. 689-696, 1999.

JOHNSON, R. A. & WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. Upper Saddle River: Prentice Hall. 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. **Mercury from gold and silver mining**. Springer New York. 1998.

LACERDA, L.D. & SALOMONS, W. **Mercury from Gold and Silver Mining: A Chemical Time Bomb**. Springer Verlag, 146 p. 1998.

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.

LEMES, M.J.L.; FILHO, P.M.F. & PIRES, M.A. F. Influência da Mineralogia dos Sedimentos das Bacias Hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo na Composição Química das Águas de Abastecimento Público. **Quím. Nova**. vol.26 n^o.1, São Paulo. Jan./Feb. 2003.

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.

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.

McCUNNE, B. & MEFFORD, M.J. **Multivariety analysis of ecological data**, version 4.0. Mjm.software designs. Oregon, 1999.

MORTATTI, J. & PROBST, J.L. **Hidrogioquímica de bacias de drenagem**, Editoração CPG/CENA, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Série Didática, v: 1, 235p. 1998.

NRIAGU, J.O. & PACYNA, J.M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils with trace metals. **Nature**. 333: 134-139. 1988.

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.

STUMM, W. & MORGAN, J.J. 1996. **Aquatic chemistry: chemical equilibrium and rates in natural waters**, 3rd ed, New York, John Wiley & Sons Inc. 1022p.

TAILLEFERT, M. & GAILLARD, J.F. Reactive transport modeling of trace elements in the water column of a stratified lake: iron cycling and metal scavenging. **Journal of Hydrology**. 256: 16-34. 2002.

TUBAKI, R. M.; MENEZES, R. M. T. & CARDOSO JUNIOR, R. P. Estudos em monitoramento entomológico: mudanças na frequência de mosquitos em habitats ripários da usina hidrelétrica de Igarapava, Sudeste do Brasil. **Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo**, July/Aug, vol.46, no.4, p.223-229. 2004.

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.

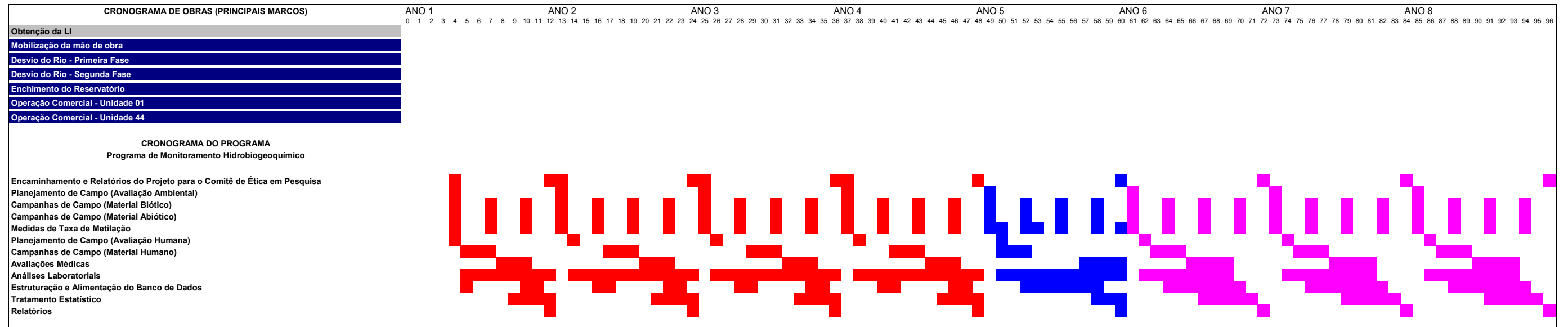
WORLD COMMISSION ON DAMS, **Dams and Development**, 404p. Earthscan Publications, London. 2000.

4.7.38 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa

Técnico	Formação	Registro em Conselho (ou RG)	Cadastro Técnico Federal (IBAMA)
Wanderley Rodrigues Bastos	Biólogo	3913620 IFP/RJ	580668
Ronaldo de Almeida	Biólogo	605000 SSP/RO	660338

ANEXOS

ANEXO 1 - CRONOGRAMA



ÍNDICE

4.8 - Programa de Acompanhamento dos Direitos Minerários e da Atividade Garimpeira	1/14
4.8.1 - Introdução	1/14
4.8.2 - Justificativa	4/14
4.8.3 - Objetivo	6/14
4.8.3.1 - Objetivo Geral	6/14
4.8.3.2 - Objetivos Específicos.....	6/14
4.8.4 - Metas	7/14
4.8.5 - Base Legal	7/14
4.8.6 - Âmbito de Aplicação	8/14
4.8.7 - Aspectos Metodológicos	8/14
4.8.8 - Indicadores	11/14
4.8.9 - Público Alvo	11/14
4.8.10 - Relatórios/Produtos	12/14
4.8.11 - Cronograma.....	12/14
4.8.12 - Interface com outros Programas	12/14
4.8.13 - Equipe Técnica para a Execução do Programa.....	13/14
4.8.14 - Referências Bibliográficas.....	13/14
4.8.15 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa	14/14

ANEXOS

Anexo 1 - Cronograma

4.8 - PROGRAMA DE ACOMPANHAMENTO DOS DIREITOS MINERÁRIOS E DA ATIVIDADE GARIMPEIRA

4.8.1 - Introdução

A potencialidade mineral na área de estudo é definida pela ocorrência de depósitos minerais, representados essencialmente por depósitos de ouro e cassiterita, sendo que este bem mineral é hoje explorado em duas minas situadas fora da área de formação do reservatório de Jirau, por duas empresas: Mineração São Lourenço e Macisa. Portanto, não sofrerão impactos ou restrições pela implantação do Empreendimento.

Não foram observadas outras atividades de mineração além dos garimpos de ouro na calha do rio Madeira neste trecho do rio que formará o reservatório do AHE Jirau.

Os depósitos auríferos concentram-se nos aluviões do rio Madeira, hospedados, preferencialmente, nos níveis conglomeráticos dos arenitos ferruginizados (“mucururu”) encobertos por camadas arenosas. Esses depósitos ocorrem com bastante frequência na área de inundação.

Entre as décadas de 1950 e 1970, a garimpagem de cassiterita e ouro no rio Madeira absorveu um grande contingente de mão-de-obra, a maioria migrante. No início da década de 1970, em razão do incremento da lavra mecanizada, a produção cresceu significativamente, alcançando seu clímax na década de 1980 e entrando em declínio a partir da década seguinte.

Como consequência dessas atividades, foi criada a Reserva Garimpeira do Rio Madeira, por meio das Portarias 1.345/79 e 1.034/80 do Ministério das Minas e Energia.

Esta Reserva se estende pela calha do rio Madeira desde a cachoeira do Teotônio, a jusante, até a cachoeira do Paredão, a montante do AHE Jirau, abrangendo uma área aproximada de 450 km².

Em 2004, através das Portarias nº 262 e nº 245, 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. Entretanto, a atividade garimpeira atual prolonga-se além dos limites da reserva, até a confluência do rio Abunã com o rio Madeira.

Atualmente, as atividades de garimpo de ouro na calha do rio Madeira neste trecho a montante da cachoeira Jirau têm um caráter residual, sendo exercida por meio de dragas durante todo o ano e por balsas “escarifuça” apenas no período de baixas vazões.

Conforme informações da Cooperativa de Garimpeiros do Rio Madeira - COOGARIMA - entidade que congrega exclusivamente aqueles que se utilizam de dragas, o total de dragas ainda atuantes no trecho a montante da cachoeira do Jirau no início de 2008 devia se situar em torno de 50 unidades, com tendência de desmobilização, desmonte e relocação desses equipamentos para outras regiões mais produtivas, como o Suriname, Guiana e rio Beni, em território boliviano.

As balsas do tipo escarifuça, além de sua atuação sazonal, são facilmente montadas e desmontadas ano a ano, dificultando a sua quantificação. Por esse caráter mais transitório, seus proprietários são menos organizados e na região, se concentram na cooperativa denominada MINACOOOP.

As características atuais do garimpo são as seguintes:

- **Dragas:** aproximadamente 50 dragas operando a montante da Cachoeira do Jirau, sendo a maior parte cooperados da COOGARIMA (dados da própria COOGARIMA).

Equipe típica em cada draga constituída por cinco operadores, cozinheira e proprietário. Quatro operadores na draga e um de folga em regime de 4 semanas de trabalho por 1 semana de folga.

Parceria: os operadores trabalham em regime de parceria, tendo direito a 20% do ouro apurado.

Custos: os custos totais - manutenção dos equipamentos, combustível, alimentação e outros são arcados pelo proprietário da draga.

Período de Operação: atuam durante o ano todo.

Especificações: lança com desagregador rotativo - maracá ou abacaxi - com alcance superior a 30 m de profundidade, podendo alcançar até 40 m. Retenção do ouro em calhas inclinadas providas de carpetes. Coleta a cada 20 horas de dragagem, aproximadamente. Apuração do ouro por meio de amálgama com mercúrio em balde com o uso de agitador mecânico. Amálgama submetido à sublimação em cadinho fechado e com recuperação do mercúrio em condensador simples - borbulhamento do gás contendo mercúrio em balde de água fria. A

recuperação do mercúrio é essencial à viabilidade econômica da atividade. O custo do quilograma situa-se em torno de R\$ 300,00.

Produção atual: aproximadamente 50 g/dia, com lucro líquido em torno de 20% e resultado variando entre três e dez mil reais mensais.

O custo de montagem de uma draga varia de quatrocentos a quinhentos mil reais.

Regularização da atividade: o DNPM está condicionando a regularização da operação do garimpo com dragas à assinatura de um Termo de Renúncia no qual consta cláusula de abandono da área se, a critério do concessionário do AHE, estiver ocorrendo danos ambientais ou à operação de geração de energia.

Expectativas dos associados da COOGARIMA: não estabeleceram qualquer exigência específica durante o processo de licenciamento ambiental. Relatam que o contato com FURNAS se restringiu a um “cadastro” há cerca de 3 anos. Desejam um acordo com o Empreendedor que permita a continuidade das suas atividades, pois acreditam que a formação do reservatório trará alterações significativas e risco de inviabilização das mesmas ou, ainda, a necessidade de alterações/adaptações no seu modo de operação.

- **Balsas:** Também conhecidas com “escarifuça”, apresentam grande variação no número de unidade atuando no trecho em análise.

Equipe típica: três operadores (proprietário mais dois ou três parceiros).

Parceria: os parceiros recebem 30% do ouro apurado. O proprietário também atua na operação do equipamento, por vezes morando com a família na balsa.

Especificações: Lança operada manualmente por meio de sarilho para regulagem de profundidade, sem desagregador, com alcance máximo de 20 metros.

Período de Operação: somente no verão (águas baixas).

Produção atual: em torno de 15 g/dia, com lucro para o proprietário em torno de quatro a cinco mil reais mensais.

No âmbito do DNPM, um levantamento recentemente efetuado (outubro de 2008) identificou 339 processos legalizados, sendo que 13 encontram-se na etapa de autorização de pesquisa mineral, 23 em fase de requerimento de pesquisa, 3 áreas encontram-se em disponibilidade, 1 como

concessão de lavra garimpeira e 299 em fase de requerimento de lavra garimpeira. O Quadro 4.8-1 sintetiza as substâncias minerais que suscitaram interesse para pesquisa e exploração e a situação legal dos processos (último evento).

Quadro 4.8-1 - Substâncias minerais e situação legal das áreas requeridas para autorização e concessão mineral (em outubro de 2008)

Substância	Número de Áreas
Cassiterita	2
Estanho	1
Granito	5
Manganês	1
Minério de cobre	1
Minério de estanho	4
Minério de ouro	27
Ouro	297
Topázio	1
Total Geral	339
Situação Legal (Último Evento)	Número de Áreas
Autorização de pesquisa	13
Disponibilidade	3
Lavra garimpeira	1
Requerimento de lavra garimpeira	299
Requerimento de pesquisa	23
Total Geral	339

Nota-se que existe apenas uma lavra garimpeira legalizada, sendo todos os outros processos estão em fase anterior à concessão de lavra.

Considerando as atividades de mineração em curso na calha do rio Madeira no trecho de intervenção direta do Empreendimento e a potencialidade para outros bens minerais, os quais podem ser afetados pelas obras e/ou pela formação do reservatório do AHE Jirau, o presente programa detalha as ações necessárias à gestão das interferências com a atividade minerária desenvolvida no rio Madeira.

4.8.2 - Justificativa

Conforme apresentado no item 1, a extração de ouro ao longo da calha do rio Madeira no trecho sob influência direta do Empreendimento do AHE Jirau constitui uma atividade exercida desde a década de 1970, atualmente desenvolvida por meio de equipamentos plenamente ajustados às condições locais, como as dragas e as balsas “escarifuça”.

As primeiras exercem a sua atividade durante o ano todo e envolvem um universo aproximado de cerca de 350 trabalhadores, entre proprietários e parceiros, de acordo com informações da COOGARIMA, enquanto as balsas, pela sazonalidade da atividade e alta rotatividade dos empreendedores, tem sua quantificação bastante dificultada, devendo a quantificação de ambas ser objeto de cadastramento durante as etapas iniciais deste Programa.

A impossibilidade de operação das balsas durante os períodos de maior vazão - dezembro a maio - se deve menos à maior profundidade da lâmina d'água, a qual chega a superar 18 metros, e mais ao risco de acidentes devido ao fluxo de grandes troncos de árvores, potencializado pela velocidade do escoamento das águas. A colisão desses troncos, denominados regionalmente de "bolivianos", com as balsas pode resultar no seu afundamento, com alto risco à vida de suas tripulações.

Deve-se investigar se com o aumento permanente da profundidade da lâmina d'água, sem que, com isso, se alterem de forma importante as características de fluxo e velocidade das águas, haverá algum impedimento à operação das balsas em parte do futuro reservatório. No trecho a montante da cachoeira do Paredão tal impedimento provavelmente não ocorrerá. Entretanto, este trecho do rio Madeira já não faz parte da Reserva Garimpeira instituída pelos decretos referidos no item 1 deste Programa.

Quanto às dragas, excluindo-se uma zona de segurança a ser determinada pelo Empreendedor nas proximidades da barragem, visando à garantia da integridade das obras e equipamentos do AHE e de suas condições operacionais, acredita-se que o simples aumento da lâmina d'água não represente impedimento à lavra garimpeira, uma vez que tais equipamentos estão capacitados a extrair o cascalho a até 40 metros de profundidade.

Um dos aspectos relevantes a serem equacionados junto com o DNPM será a permissão ou não da lavra por dragas e balsas nos atuais sedimentos aluvionares que se situam além dos limites da calha atual do rio Madeira e que serão permanentemente inundados - abaixo da cota 82,5 m - ou que serão inundados sazonalmente - entre as cotas 82,5 m e 90,0 m - destacando-se que tais aluviões se situam em perímetro externo ao determinado pela Reserva Garimpeira atual.

Desta forma, apesar de não esperado, as atividades de mineração atuais poderão sofrer restrições ou impedimentos com a formação do lago do AHE Jirau, que deverão ser analisadas e propostas ações que visem a um novo ordenamento para este setor na área de formação do futuro reservatório do AHE Jirau.

4.8.3 - Objetivo

4.8.3.1 - Objetivo Geral

O Programa tem como objetivo principal identificar interferências, estabelecer e implementar um novo ordenamento para a atividade de extração mineral na área de influência direta do AHE Jirau, em conjunto com o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM - órgão regulador e poder concedente dos bens minerais da União, de forma a minimizar impactos negativos advindos da implantação e operação desse empreendimento.

4.8.3.2 - Objetivos Específicos

- Obter junto ao DNPM o bloqueio dos títulos minerários atualmente ativos e a emissão de novos para as atividades que interfiram com a geração de energia em condições seguras, considerando as áreas do futuro reservatório e as áreas a serem ocupadas pelas obras civis e áreas de apoio, como canteiros, subestação e linha de transmissão;
- Estabelecer e implementar, quando necessárias, ações de adequação para as atividades na AID do AHE Jirau;
- Estabelecer, em conjunto com o DNPM, as atividades minerárias que poderão ser realizadas na AID, bem como os procedimentos operacionais para que esta se realize em condições adequadas, seguras e sem interferência com a geração de energia;
- Estabelecer um Plano de Ação compatível com o Cronograma de Implantação do AHE Jirau, de modo que as ações deste Programa sejam elaboradas e implementadas de forma adequada, sem prejuízo ao andamento das obras e das atividades minerárias a serem permitidas na AID;
- Manter a sociedade local informada sobre todo o processo de implementação deste Programa, com o auxílio do Programa de Comunicação Social.

4.8.4 - Metas

Destacam-se como principais metas do presente Programa:

- Formular um projeto de comunicação, em conjunto com o Programa de Comunicação Social, que esclareça, participe, antecipe e previna a população, em especial, os proprietários, parceiros e empregados dos empreendimentos de extração mineral na AID;
- Atualizar o diagnóstico do garimpo no trecho do rio Madeira que formará o reservatório do AHE Jirau no que tange aos seus aspectos sócio-econômicos, como: população diretamente envolvida, modo de produção, renda, mobilidade, organização social e política, relações com outros setores econômicos, atendimento aos parâmetros legais minerários e ambientais, entre outros;
- Caracterizar a potencialidade mineral remanescente para a extração de ouro pelo garimpo e de outros bens minerais na área de influência direta;
- Atualizar o levantamento detalhado da situação dos processos de concessão no DNPM, incluindo a localização precisa de todas as poligonais na AID e respectiva situação;
- Encaminhar a solicitação de bloqueio da AID junto ao DNPM para que se permita a implantação das obras sem gerar conflitos com a atividade minerária, ação esta já efetuada pela ESBR;
- Efetuar as adequações necessárias com os detentores de direitos minerários em atividades regularizadas;
- Encaminhar e validar, junto ao DNPM, as ações deste Programa, até o seu encerramento.

4.8.5 - Base Legal

Este Programa atende às disposições constantes do Código de Mineração - Decreto-Lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967, que se referem aos processos de licenciamento, Autorizações de Pesquisa Mineral e Concessões de Lavra, bem como os requisitos da Legislação Ambiental. Em seu artigo 42 estabelece a possibilidade de recusa de autorização se a lavra for considerada prejudicial ao bem público. A Portaria nº 178 do DNPM, de 12/04/2004, DOU de 13/04/2004 disciplina o procedimento para outorga e transformação do Regime de Permissão de Lavra Garimpeira.

4.8.6 - Âmbito de Aplicação

O presente programa deverá ser desenvolvido em toda a AID do AHE JIRAU o que inclui trecho do rio Madeira e de seus tributários.

Deverá abranger todos os setores 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.

4.8.7 - Aspectos Metodológicos

O presente Programa foi elaborado a partir da releitura e análise dos documentos existentes, em especial o relatório sobre os Estudos de Impacto Ambiental - EIA, contatos com outros especialistas envolvidos no projeto e uma atualização expedita da situação do garimpo no trecho do rio Madeira em análise, realizada no início de 2008.

Foi feita uma atualização dos processos de autorizações e concessões minerais junto ao DNPM utilizando-se "overlays" confeccionados até 2008, dados e informações do Cadastro Mineiro e SIGMINE do "site" do DNPM na "internet".

Como o quadro evolutivo da situação dos processos do DNPM é dinâmico, dever-se-á adotar a emissão da licença prévia do empreendimento como data de corte para autorização e concessão de áreas e um estudo sobre a ambiência geológica em relação aos recursos minerais existentes, através de consultas bibliográficas e trabalhos de campo. Essas atividades permitirão elaborar um quadro realista e objetivo do potencial mineral da área e das possíveis interferências entre os bens minerais e a AID do empreendimento.

Com essa análise pretende-se conhecer a situação legal atualizada dos processos e as efetivas interferências com jazidas minerais de interesse, através de sua localização precisa, tendo em vista que estas podem estar fora do alcance AID do AHE Jirau.

Os estudos serão iniciados pelo levantamento de dados bibliográficos, cartográficos e serviços de campo realizados anteriormente. Os dados coletados serão lançados em base cartográfica obtendo-se mapa preliminar que servirá como carta orientadora dos trabalhos de campo inerentes a este programa.

Os dados e informações obtidos serão consolidados no escritório, dando início a elaboração do relatório final.

Serão consultados e atendidos todos os aspectos legais pertinentes constantes no Código de Mineração que se referem aos processos de licenciamento, autorizações e concessões minerais, lavra garimpeira, bem como os requisitos legais da Legislação Ambiental.

Através de reuniões de trabalho com a equipe de consultores serão levantadas as interferências ou inter-relações com outros programas ambientais para a otimização de ações de Comunicação Social. Sobre este aspecto, está previsto a elaboração de um plano de comunicação para fornecer informações sobre o empreendimento em relação ao reordenamento econômico das propriedades, mais especificamente, sobre o desenvolvimento das atividades minerárias.

O desenvolvimento dos estudos e os procedimentos específicos são descritos a seguir, de acordo com os objetivos e metas apresentados anteriormente.

- Atualização dos processos em análise no DNPM

Essa etapa consta da identificação e atualização das áreas requeridas para pesquisa ou lavra no DNPM (processos minerários) que ocorrem na Área de Influência Direta - AID - do AHE Jirau, utilizando-se como referência a data de emissão da licença prévia do AHE Jirau.

- Levantamento de Dados Secundários

A análise dos processos será feita em relação à ambiência geológica, devendo os recursos minerais ser constatados através de um estudo bibliográfico.

Essa análise permite verificar se as substâncias minerais visadas nas autorizações de pesquisa possuem correspondências com as litologias e suas mineralizações relacionadas.

Serão consultados também, os relatórios de pesquisa porventura concluídos e entregues ao DNPM, para se obter maiores dados e informações sobre a geologia local, potencial mineral, reservas, teores.

Tais procedimentos permitirão um enfoque melhor sobre a tendência dos interesses dos titulares ligados ao setor mineral da área em estudo.

O levantamento de dados secundários inclui a consulta a mapas, fotos aéreas, imagens de satélite, "overlays" do DNPM e listagens mais recentes dos processos inseridos na área diretamente afetada pelo aproveitamento hidrelétrico.

Os dados e informações obtidos nessa etapa serão lançados em base planialtimétrica que servirá como mapa de orientação durante a visita de campo.

- Cadastramento e monitoramento das atividades minerárias

Essa atividade contará com um reconhecimento de campo, que além de checar e complementar as informações obtidas permitirá a investigação das áreas requeridas, os métodos de extração adotada das substâncias exploradas, beneficiamento, equipamentos utilizados, dados de produção, dentre outros aspectos.

O cadastramento inclui o levantamento de aspectos sócio-econômicos, conforme apresentado nas Metas deste Programa, para a verificação da população efetivamente em atividade minerária, além de um levantamento cadastral detalhado relativo à situação legal da atividade junto ao DNPM e aos órgãos ambientais, preços de comercialização, mão-de-obra, renda, mercados de destino.

Essa investigação, combinada com os dados secundários levantados visa a estabelecer, também, a qualidade e quantidade dos bens minerais existentes.

- Acordos com os concessionários e permissionários

Está prevista a realização de acordos para adequar, quando necessário, as atividades de extração mineral, interferidas pelo AHE Jirau.

Não haverá qualquer tipo de indenização para atividades minerárias, exceto para reposição de benfeitorias não transportáveis.

Será realizada a realocação da atividade garimpeira para os setores definidos a partir do trabalho de investigação previsto neste programa.

- Reordenamento da atividade minerária

Após o cadastramento das atividades minerárias regularizadas, será feita uma investigação geológica com o objetivo de encontrar opções de realocação dessas atividades.

4.8.8 - Indicadores

- Percentual de deferimentos de bloqueio de títulos minerários ativos, obtidos junto ao DNPM;
- Percentual de mineradores relocados antes da implementação do empreendimento;
- Percentual das medidas efetivamente implementadas em relação às propostas.

4.8.9 - Público Alvo

O público alvo do presente programa está relacionado aos titulares dos processos do DNPM referentes ao regime de licenciamento, pesquisa mineral, lavra e aos permissionários (garimpeiros), considerando-se ainda as instituições por meio das quais estes se fizerem representar, como as seguintes cooperativas de garimpeiros atuantes na região:

- COOGARIMA - COOPERATIVA DOS GARIMPEIROS DO RIO MADEIRA

Presidente: João Antonio Abati

E-mail: coogarima@hotmail.com

Telefones: (69) 3213-4955 / 3222-3922 / 3213-4955 / 9971-0501

Endereço: Rua da Beira, 5350
Bairro Areal da Floresta
CEP 78.912-000 - Porto Velho / RO

- Minacoop

Presidente: Washington Campos

E-mail: wcccampos@yahoo.com.br

Telefones: (69) 3215-1145 / 9201-4833 / 9978-9394

4.8.10 - Relatórios/Produtos

Serão consolidados os dados das áreas requeridas e as informações sobre os recursos minerais levantados em conjunto com outros dados geológicos. Serão adotadas formas simples e legíveis de representação cartográfica dos dados justapondo-se com uma base geológica.

O mapa elaborado conterá também as áreas de autorização e concessão mineral, conforme as informações obtidas no DNPM. Esse mapa acompanhado de texto explicativo deverá mostrar o relacionamento entre os indícios de mineralizações e jazidas reconhecidas no campo e na bibliografia com a potencialidade mineral da região estudada. Os produtos estão relacionados a seguir.

- Relatórios Parciais ao final de cada campanha de campo.
- Mapa geológico com áreas de autorização e concessão mineral.
- Mapa com indicação de áreas potenciais e jazidas identificadas para realocação das atividades.
- Plano de Ação.
- Relatório com Diagnóstico Socioeconômico da atividade garimpeira neste trecho do rio Madeira.
- Relatório com as normas e procedimentos para as atividades de mineração a serem permitidas nas AID, ajustados com o DNPM.
- Relatório Final do Programa.

4.8.11 - Cronograma

O cronograma deste programa é apresentado **Anexo 1**.

4.8.12 - Interface com outros Programas

Será desenvolvido um Plano de Comunicação Social durante as etapas de construção do empreendimento. Nesse plano serão sistematizadas as informações necessárias para o público-alvo, população em geral e instituições públicas, visando a esclarecer as principais mudanças que

deverão ocorrer sobre as atividades minerárias. Será confeccionado material para o desenvolvimento do plano adequado às características socioculturais do público-alvo e população em geral (vídeos, folhetos, reuniões, palestras e seminários).

Esse plano terá interface, principalmente, com os Programas de Comunicação Social e Educação Ambiental.

Além da interface com tais programas, o Programa de Acompanhamento dos Direitos Minerários e da Atividade Garimpeira terá inter-relacionamento com os programas de Prospecção e Salvamento do Patrimônio Arqueológico; Remanejamento da População Atingida (Reorganização das atividades produtivas); Compensação Social; Uso do Entorno do Reservatório.

4.8.13 - Equipe Técnica para a Execução do Programa

A responsabilidade pela execução do programa é do empreendedor em parceria com instituições como o DNPM e CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

A equipe técnica do Empreendedor deverá contar, também, com a colaboração dos órgãos estaduais de mineração e com a Prefeitura Municipal de Porto Velho, no que se refere aos aspectos técnicos e legais dos processos de titularidades minerárias e ao potencial das áreas em apreço, e com a SEDAM e o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, para assuntos concernentes ao meio ambiente e ao cumprimento da legislação ambiental em vigor.

Para a equipe técnica, prevê-se a participação de 1 geólogo, 1 sociólogo e 1 técnico.

4.8.14 - Referências Bibliográficas

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. 2006 Santo Antônio e Jirau. Belo Horizonte,. 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.

MADEIRA ENERGIA S.A - MESA. 2008 Projeto Básico Ambiental AHE Santo Antonio, seção 08, Programa de Acompanhamento dos Direitos Minerários e de Atividade Garimpeira.

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).

4.8.15 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa

Técnico	Formação	Registro em Conselho (ou RG)	Cadastro Técnico Federal (IBAMA)
Antonio Ivo de Menezes Medina	Geólogo	CREA 17.521 - RJ	50157
Valdir Akihiko Nakazawa	Geólogo	CREA 0601323920	118317

ANEXOS

ANEXO 1 - CRONOGRAMA

ÍNDICE

4.9 - Programa de Investigação, Monitoramento e Salvamento Paleontológico.....	1/22
4.9.1 - Introdução	1/22
4.9.2 - Justificativas	7/22
4.9.3 - Objetivos.....	8/22
4.9.4 - Metas	9/22
4.9.5 - Base Legal	9/22
4.9.6 - Âmbito de Aplicação	10/22
4.9.7 - Material e Métodos	13/22
4.9.8 - Indicadores	19/22
4.9.9 - Público-Alvo	19/22
4.9.10 - Relatórios	19/22
4.9.11 - Cronogramas.....	20/22
4.9.12 - Interface com outros Programas	20/22
4.9.13 - Equipe Técnica para Execução do Programa	20/22
4.9.14 - Referências Bibliográficas.....	21/22
4.9.15 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa	22/22

ANEXOS

Anexo 1 - Cronograma

4.9 - PROGRAMA DE INVESTIGAÇÃO, MONITORAMENTO E SALVAMENTO PALEONTOLÓGICO

4.9.1 - Introdução

O levantamento dos sítios paleontológicos e salvamento dos fósseis na Área do futuro reservatório do AHE Jirau se faz necessário devido à geologia regional e às informações das ocorrências paleontológicas na área citada.

Com a implantação da Hidrelétrica e o fechamento das comportas surgirá um lago, que poderia colocar em risco o Patrimônio Paleontológico, submergindo áreas de alto potencial fossilífero.

Com a execução do presente PBA, além do atendimento da legislação pertinente e das recomendações do Ministério Público de Estado de Rondônia (2006) surge a oportunidade única de ampliar o conhecimento do paleoambiente de uma porção importante da Amazônia Ocidental.

Geologicamente a área de estudo se insere na porção sudoeste do Cráton Amazônico, que mostra uma evolução complexa iniciada no Paleoproterozóico, há aproximadamente 1,7 bilhões de anos.

Eventos geológicos de origem tectono-magmáticos duraram até aproximadamente 900 milhões de anos, iniciando então a estabilização dessa parte do Cráton. Foi somente a partir de fenômenos geológicos modernos (Neotectônica), após o Mioceno (Neógeno), que surgiram as condições para o estabelecimento da calha atual do rio Madeira.

A geologia da área reflete a potencialidade mineral, definida pela ocorrência de ouro, cassiterita, ametista, topázio, granito, cascalho laterítico e argila - esses últimos utilizados na construção civil (Adamy & Romanini, 1990).

Os depósitos cenozóicos de toda a porção noroeste da Amazônia Sul-Occidental, incluindo-se a Planície do Abunã, foram inicialmente considerados como pertencentes à Formação Solimões, apesar das escassas evidências litoestratigráficas (RADAMBrasil, 1978).

Posteriormente, para a Planície do Abunã, foi estabelecida uma nova unidade, a Formação Jaciparaná, considerada do Pleistoceno Superior - Holoceno (Adamy & Romanini, 1990).

A reformulação do entendimento da estratigrafia dos depósitos cenozóicos da região foi feita por Quadros e colaboradores (2006), que reconheceram uma nova unidade litoestratigráfica denominada Formação Rio Madeira.

Segundo Nascimento (2008), “a Formação Rio Madeira é subdividida em duas unidades: a unidade inferior onde predominam sedimentos argilosos cinza-claro, maciços a localmente laminados, com areia, silte e seixos milimétricos, bioturbados e fossilíferos, contendo detritos orgânicos (folhas carbonizadas e partes de troncos de árvores); a unidade superior é constituída na base por um cascalheiro com matriz arenosa, granulometria fina a média, com seixos de quartzo, argilitos e quartzos leitosos endurecidos e soldados por minerais de siderita, óxidos e hidróxidos de ferro, sendo esta a camada guia dos vertebrados fósseis e da paleoflora” (Figura 4.9-1).

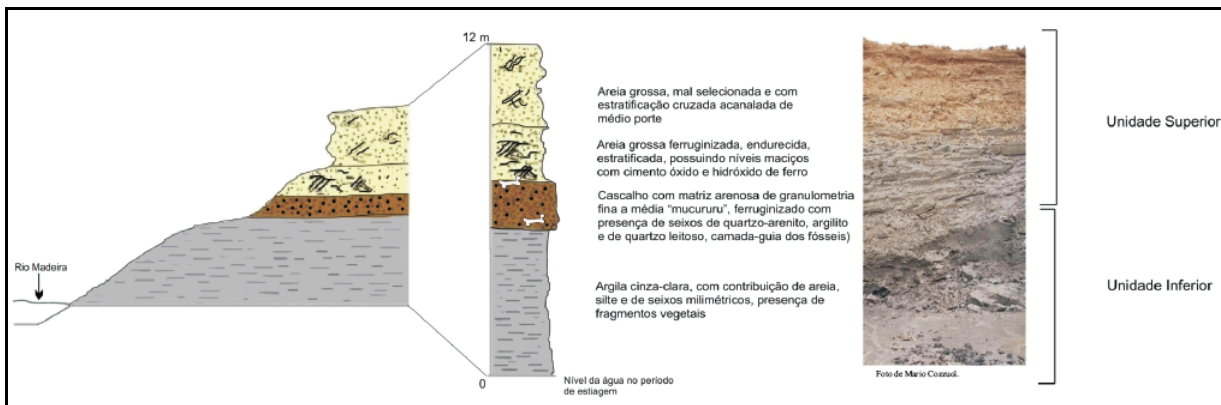


Figura 4.9-1 - Perfil estratigráfico da Formação Rio Madeira - Rondônia (Nascimento, 2008).

A garimpagem de ouro com o uso de balsa/draga - garimpagem de mergulho - na calha do rio Madeira e os garimpos, a céu aberto nos paleocanais do mesmo rio, permitiu o resgate e salvamento de exemplares fósseis, especialmente representativos da megafauna do Pleistoceno (Nascimento, 2008). A área de ocorrência desses fósseis pode ser visualizada na Figura 4.9-2.

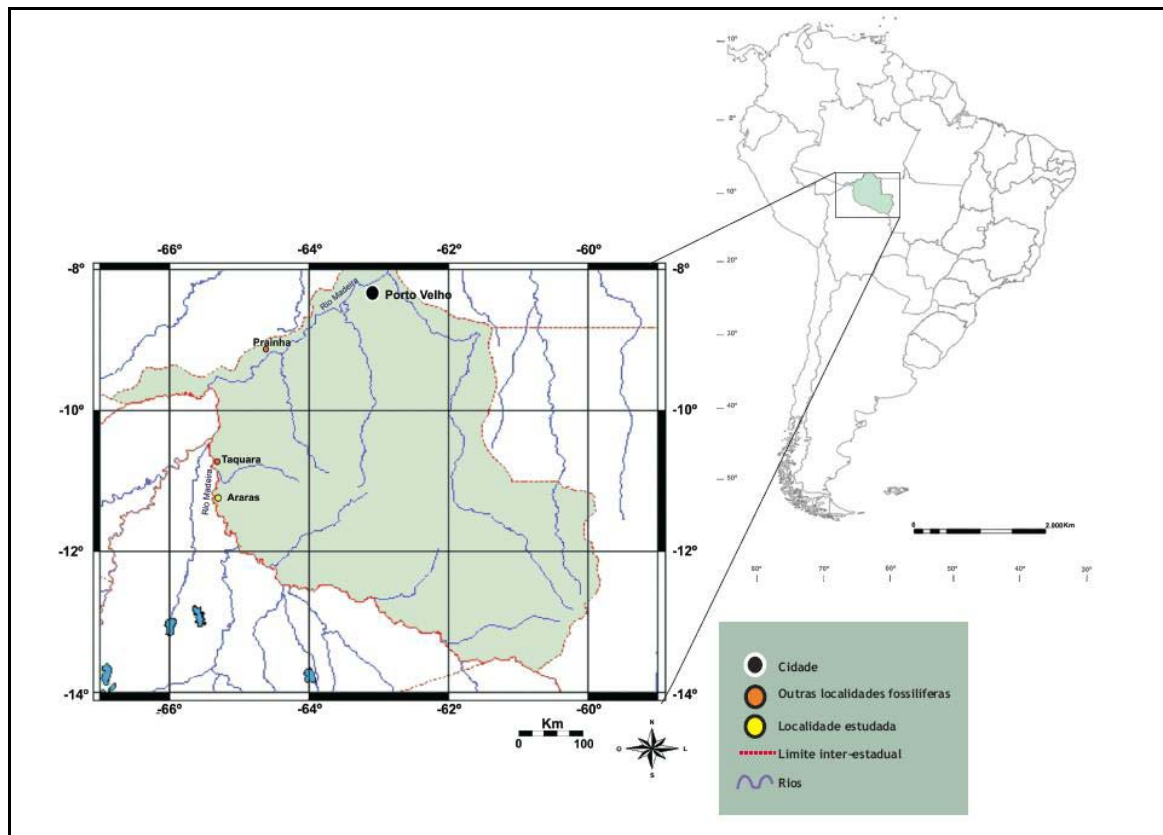


Figura 4.9-2 - Localidades fossilíferas do Pleistoceno do Rio Madeira - Rondônia (Nascimento, 2008).

Segundo Nascimento & Holanda (2006), o conhecimento da paleofauna de vertebrados para o Estado de Rondônia foi possível devido à intensa atividade garimpeira na década de 1980, onde os garimpeiros utilizavam máquinas para a extração do ouro e junto traziam os fósseis.

A associação de garimpo de ouro e coleta de “ossos” fossilizados ocorre, pois a camada portadora de ouro, denominada localmente como “mucururu”, é o mesmo conglomerado onde encontram-se os fósseis (Sadeck, 1999).

Parte importante do material fóssil coletado pela ação dos garimpeiros foi entregue aos cuidados do DNPM em Porto Velho (Sadeck, 1999). Algumas peças representativas foram salvas pela ação dos profissionais do Laboratório de Biologia Evolutiva da Universidade Federal de Rondônia (Nascimento, 2008). Outros exemplares chegaram às coleções do Laboratório de Pesquisas Paleontológicas da Universidade Federal do Acre em Rio Branco. Importante ressaltar que os mamíferos terrestres são usados como evidência paleoecológica e bioestratigráfica para correlacionar depósitos fossilíferos (Ranzi, 2000).

A megafauna conhecida da calha do Rio Madeira é considerada correspondente ao Lujanense, Neo-Pleistoceno (12,6 a 1,18 mil anos), de acordo com as idades predefinidas pelo South American Land Mammals Ages (SALMA). Em depósitos de fauna semelhante, no Alto Juruá, Estado do Acre (Latrubesse & Rancy, 1988), foram obtidas datações de 35.000 - 30.000 AP. Possivelmente o mesmo ocorra com a fauna do Rio Madeira, o que corresponderia ao Pleistoceno Superior (Quadro 4.9-1).

Quadro 4.9-1 - Registro bibliográfico da fauna pleistocênica em Rondônia.

Autor	Registro
Adamy & Pereira (1991)	Pilosa: <i>Megatherium</i> Proboscidea: <i>Haplomastodon waringi</i>
Sant'anna-Filho e colaboradores (1996)	Pilosa: <i>Eremotherium</i> Cingulata: <i>Pampatherium</i> sp cf. <i>Hoplophorus euphractus</i> Sirenia: <i>Trichechus</i> sp Cetacea: <i>Inia</i> sp Proboscidea: <i>Haplomastodon waringi</i> Notoungulata: <i>Toxodon platensis</i> Perissodactyla: <i>Tapirus terrestris</i>
Sant'Anna-Filho & Vidal (1999)	Notoungulata: <i>Mixotoxodon laeensis</i>
Nascimento e colaboradores (2003)	Pilosa: <i>Eremotherium</i> Cingulata: <i>Glyptodon</i> sp, <i>Sclerocalyptus</i> sp, <i>Pampatheriinae</i> Proboscidea: <i>Haplomastodon</i> Notoungulata: <i>Toxodon aff platensis</i> , <i>Mixotoxodon aff laeensis</i> Sirenia: <i>Trichechus</i> sp Cetacea: <i>Inia</i> sp Perissodactyla: <i>Tapirus</i> sp Artiodactyla: <i>Tayassuidae</i> indet. Rodentia: <i>Hydrochoerus</i> sp
Góis e colaboradores (2004)	Cingulata: <i>Holmesina</i> sp
Porto (2004)	Pilosa: <i>Eremotherium</i> , <i>Megalonichyidae</i> , <i>Ocnotherium</i>
Nascimento e colaboradores (2005)	Crocodylomorpha: <i>Crocodylidae?</i>
Nascimento e colaboradores (2005)	Proboscidea: <i>Stegomastodon</i>
Cozzuol e colaboradores (2006)	Rodentia: <i>Nechoerus</i>
Nascimento & Holanda (2006)	Reptilia: <i>Testudines</i>

Fonte: Nascimento & Holanda, 2006.

Para Nascimento (2008) a maioria dos fósseis apresenta boa preservação, exceto aqueles da localidade Taquara e os de alguns pontos da localidade Araras. A coloração pode ser cinza escuro a preto, devido aos minerais siderita e hematita, são geralmente duros, mas podem ser mais frágeis.

Segundo Rizzoto e colaboradores (2006) os dados polínicos sugerem que a área compreendida pela bacia hidrográfica do Rio Madeira era coberta, durante o Pleistoceno Superior, por uma densa floresta fluvial tropical (Quadro 4.9-2).

Quadro 4.9-2 - Palinoflora da Formação Rio Madeira.

Divisão filogenética	Classe	Família
ANGIOSPERMA	Liliopsida (monocotiledôneas)	Amaryllidaceae
		Bromeliaceae
		Cyperaceae
		?Orchidaceae
		Palmae
	Magnoliopsida (icotiledôneas)	Apocynaceae
		Betulaceae
		Bignonaceae
		Chloranthaceae
		Ericaceae
		Euphorbiaceae
		Lythraceae
		Malpighiaceae
		Melastomataceae
		Papilionaceae
		Polimoniaceae
		Rubiaceae
		Sapotaceae
		Solanaceae
Ulmaceae		
GIMNOSPERMA	Ephedraceae	
	Podocarpaceae?	
PTERIDOPHYTA	Cyatheaceae	
	Hymenophyllaceae	
	Lycopodiaceae	
	Ophioglossaceae	
	Parkeriaceae	
	Polypodiaceae	
	Selaginellaceae	
ALGAE	Zygnemataceae	
	Mongeotia sp	
	Spirogyra sp	

Fonte: Rizzotto e colaboradores, 2006.

Por outro lado, os dados da megafauna regional (**Quadro 4.9-1**) indicam a ocorrência de animais pastadores, sinônimo de vegetação tipo savana. Por essa razão, maiores estudos são necessários para um melhor entendimento da biota do Pleistoceno da Amazônia Ocidental (**Quadro 4.9-3**).

Quadro 4.9-3 - Mamíferos* pleistocênicos da Amazônia Ocidental.

Gênero	Espécie	Habitat	Dieta
PILOSA	Eremotherium	Borda de floresta/savana	Gramíneas/folhas
	Ocnopus	Borda de floresta/savana	Gramíneas /folhas
	Glossotherium	Savana	Gramíneas /folhas
	Lestodon	Savana	Gramíneas /folhas
	Scelidotherium	Savana	Gramíneas /folhas
	Myloodon	Savana	Gramíneas /folhas
	Megalonyx	Savana	Gramíneas /folhas
EDENTATA CINGULATA	Propraopus	Borda de floresta/savana	Onívoro
	Dasybus	Floresta/savana	Insetívoro
	Euphractus	Savana	Onívoro
	Pampatherium	Savana	Gramíneas
	Hoplophorus	Savana	Gramíneas
	Neuryurus	Savana	Gramíneas
	Panochthus	Savana	Gramíneas
	Glyptodon	Savana	Gramíneas
NOTOUNGULATA	Toxodon	Savana	Gramíneas /folhas
	Mixotoxodon	Savana	Gramíneas /folhas
PROBOSCÍDEA	Cuvieronius	Savana	Gramíneas /folhas e frutos
	Haplomastodon	Savana	Gramíneas /folhas e frutos
PERISSODACTYLA	Tapirus	Floresta/savana	Folhas/frutos
ARTIODACTYLA	Vicugna	Savana	Gramíneas /folhas
	Palaeolama	Savana	Gramíneas /folhas
	Tayassu	Floresta/savana	Onívoro
CARNÍVORA	Eira	Floresta	Carnívoro

* animais com peso superior a 1 kg.
Fonte: Ranzini, 2000.

Há ainda informações, não confirmadas, da retirada de crânios humanos nos garimpos do rio Madeira. A associação de ossos humanos com ossos de mamíferos extintos, do Pleistoceno, poderia representar a confirmação da contemporaneidade do homem e megafauna.

Pelo exposto, fica evidente a importância das pesquisas, das coletas e do salvamento paleontológico na área da futura UHE Jirau.

4.9.2 - Justificativas

O presente estudo se justifica ao atender as determinações de legislação pertinente, notadamente a Constituição Federal Brasileira de 1988, em seus Artigos 20, 23 e 24, os quais são bastante claros ao indicar que os fósseis são bens da União e que há a responsabilidade do Estado na defesa de nosso patrimônio natural.

Com a formação do reservatório do AHE Jirau - Ilha do Padre, se faz necessária a aplicação de um conjunto de ações visando o salvamento dos fósseis conforme expresso no presente Projeto Básico Ambiental - PBA.

A importância das Formações Geológicas Jaciparaná e rio Madeira fez com que o Ministério Público do Estado de Rondônia (2006: 194) recomendasse os estudos de geologia a “elaboração de mapeamento de detalhe das Formações Rio Madeira e Jaciparaná, com testemunhagem contínua, estudos sedimentológicos e litogeoquímicos, com divulgação dos resultados e articulação de parcerias com instituições de ensino governamentais e privadas e demais entidades ligadas ao desenvolvimento sustentável dos recursos minerais”. Essa é mais uma das razões para a concentração dos estudos nas áreas de afloramento dessas duas formações geológicas.

Pela natureza do empreendimento em questão, onde são necessárias escavações para a execução das fundações do dique e outras estruturas associadas, tais como casa de força e vertedouros, assim como para a abertura de vias de acesso e jazidas de solo, se faz necessário um acompanhamento dos trabalhos a fim de salvaguardar qualquer vestígio paleontológico porventura ainda não encontrado na região. A implantação do empreendimento sem o acompanhamento de profissionais da área de Paleontologia poderia ocasionar interferências na integridade dos eventuais sítios ou jazigos fossilíferos ainda não identificados na região.

Desta forma, o Programa de Investigação, Monitoramento e Salvamento Paleontológico é importante, especialmente para as comunidades locais e para a comunidade científica nacional, em particular, às quais deverá ser repassado o acervo dos dados e informações a serem obtidos, observando-se as particularidades de objetivos e linguagem de cada segmento.

4.9.3 - Objetivos

O objetivo geral deste Programa é o de promover o levantamento de ocorrências de jazigos fossilíferos e identificar possíveis interferências ocasionadas pela implantação do empreendimento.

Os objetivos específicos deste Programa incluem:

- o acompanhamento das equipes de escavação das cavas e aberturas de acessos, em pontos previamente selecionados onde aflorem as Formações Sedimentares e Unidades Litoestratigráficas propícias ao encontro de fósseis em paleoambientes de deposição, visando coletar espécimes porventura provenientes da abertura de acessos à área da montagem do eixo da hidrelétrica;
- o salvamento de espécimes animais e vegetais fossilizados porventura encontrados na Área de Influência Direta, nas áreas de canteiro de obras, empréstimo de materiais e bota-fora e nas vias de acesso ao AHE Jirau;
- o monitoramento de sítios e jazigos paleontológicos localizados na Área de Influência Direta, nas áreas de canteiro de obras, empréstimo de materiais e bota-fora e nas vias de acesso à hidrelétrica;
- a realização de estudos de estratigrafia da Área de Influência Direta do AHE Jirau, bem como a correlação dos perfis estratigráficos locais com os demais perfis já estudados;
- a coleta de amostras fossilíferas para datação com uso de isótopos de carbono (C14), objetivando determinar a idade do perfil estratigráfico aflorante, além de datar novas espécies que porventura venham a ser encontradas na área;
- a realização e publicação de pesquisas científicas que corroborem na interpretação e entendimento de processos geológico-climáticos ocorridos em território brasileiro e na correlação de ocorrência destes em outras partes do planeta;
- a promoção de atividades de Educação Patrimonial junto ao empreendedor e às empreiteiras responsáveis pela execução das obras;

- a promoção de atividades de Educação Patrimonial, de forma eventual, junto aos proprietários, moradores ou outros usuários, localizados na Área de Influência Indireta do empreendimento;
- a promoção de atividades de Educação Patrimonial, de forma programada, junto à comunidade de infantes matriculados nas escolas e grupos escolares locais, além de todo corpo discente e de funcionários destes.

4.9.4 - Metas

As Metas a serem atingidas com a aplicação deste Programa, dentro do prazo previsto para a realização deste, conforme exposto no **Anexo 1 - Cronograma**, consistem na localização, quantificação, qualificação e salvaguarda de espécimes vegetais e animais porventura encontradas nas áreas contíguas à Área de Influência Direta do AHE Jirau.

O propósito e meta final a ser atingido por este Programa é o de realizar pesquisas científicas que contribuam para o melhor entendimento das condições e características paleoambientais do território brasileiro e da correlação destas com outras partes e locais geográficos da superfície do planeta, no intuito de propor e promover relações entre os continentes, além do aprofundamento e aperfeiçoamento do conhecimento de desenvolvimento geológico do planeta.

4.9.5 - Base Legal

Através do Decreto-Lei nº 4.146, outorgado em 04/03/1942, ratificado pela Lei nº 8.176 de 08/02/1991, os fósseis são considerados bens da União Federal, e Patrimônio Cultural da Nação pela Constituição Federal de 1988 (Art. 20, 23 e 24).

Pela Lei nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, o patrimônio paleontológico nacional deve ter protegidas suas características relevantes, uma vez que são de grande interesse para atividades científicas, educacionais e recreativas.

Segundo a Portaria do MME de 22/02/1995, é de competência da Diretoria de Exploração Mineral do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, a proteção e fiscalização do acervo fóssilífero e a preservação da memória geológica brasileira em geral.

Pelo Decreto nº 98.830 de 30/01/1990, os trabalhos de campo referentes à coleta e análise de resultados devem ser autorizados pela Secretaria Especial de Ciência e Tecnologia.

Ainda, de acordo com o Decreto nº 72.312 de 31/05/1973, é proibida a importação, exportação e transferência de propriedades ilícitas dos bens culturais brasileiros. Assim, a remessa de qualquer fóssil ao exterior por meio de compra ilegal por museus, universidades e colecionadores particulares estará em desacordo com a Conferência Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), reunida em Paris de 12 de outubro a 14 de novembro de 1970, em que os países integrantes da ONU assinaram tal acordo.

Contudo, não existe requisito legal para salvamento paleontológico, no caso de obras de grande vulto, como aquele existente para o patrimônio arqueológico. Assim, o Programa de Investigação, Monitoramento e Salvamento do Patrimônio Paleontológico aqui proposto visa antecipar a legislação atualmente em discussão no Senado Federal (Projeto de Lei do Senado nº 245/1996, proposto pelo Senador Lúcio Alcântara), bem como resguardar a preocupação frente a este patrimônio, interposta por diversos órgãos públicos federais e Instituições de Ensino e Pesquisa (DNPM, IBAMA, ICMBio, Sociedade Brasileira de Paleontologia, Museu Nacional do Rio de Janeiro/UFRJ).

4.9.6 - Âmbito de Aplicação

O objeto de estudo do presente Programa está representada pela área a ser alagada para formação do futuro reservatório do AHE Jirau, localizado no município de Porto Velho - Rondônia.

A **Figura 4.9-3** apresenta a localização geográfica da área atingida tendo como eixo referencial a localidade de Ilha do Padre, onde será construído o eixo do barramento e a confluência dos rios Abunã - Madeira, à montante do reservatório.

Os trabalhos serão desenvolvidos em ambas as margens do rio Madeira e nas áreas que serão alagadas, em especial nas imediações de Mutum-Paraná. Além dos barrancos expostos em ambas as margens do rio Madeira, devem ser desenvolvidas observações em ambas as margens dos rios Mutum-Paraná e Castanho. As observações e levantamentos de potencial paleontológico serão concentrados nas Formações Jaciparaná e Rio Madeira, nas seguintes áreas, conforme **Quadro 4.9-4**.

Quadro 4.9-4 - Localização dos perfis estratigráficos aflorantes na área do reservatório do AHE Jirau.

Formação Geológica	Localização	Curso d'água
Jaciparaná	40 km lineares pela margem esquerda	Rio Madeira
Rio Madeira	100 km lineares pela margem direita	Rio Madeira
Rio Madeira	80 km lineares em ambas as margens	Rio Mutumparaná
Rio Madeira	40 km lineares em ambas as margens	Rio Cutia (afluente do Mutumparaná)
Rio Madeira	20 km lineares em ambas as margens	Rio Castanho
Rio Madeira	10 km lineares na margem esquerda	Rio Abunã

4.9.7 - Material e Métodos

A Metodologia para o Programa de Investigação, Monitoramento e Salvamento do Patrimônio Paleontológico será executada segundo diferentes etapas de pesquisa.

Todas as etapas previstas e propostas por este Programa deverão ser realizadas e/ou acompanhadas por um Paleontólogo ou profissional atuante na área de Paleontologia. Tal equipe, através do coordenador geral da pesquisa que necessariamente será representado por um Paleontólogo, deverá apresentar a colaboração e/ou co-participação de uma Instituição Nacional de Ensino e Pesquisa voltada para a ciência paleontológica, conforme disposto na Portaria MCT n.º 55 de 14/03/1990, Art. 14, assim como também de sua autorização de coleta, de acordo com o Decreto n.º 98.830 de 30/01/1990.

Ao final de cada etapa prevista para aplicação deste Programa, será apresentado Relatório Preliminar, com a função de apresentar os resultados obtidos e apreendidos após cada uma destas etapas de aplicação deste, objetivando o acompanhamento e desenvolvimento adequado propostos pelo Programa de Investigação, Monitoramento e Salvamento Paleontológico deste PBA.

Este Programa conterá as seguintes etapas:

1ª Etapa: Adequação do Levantamento de Dados Secundários.

Os dados secundários referentes às unidades litoestratigráficas e formações sedimentares levantados para a confecção do PBA do Programa de Investigação, Monitoramento e Salvamento do Patrimônio Paleontológico, deverão ser aprofundados e devidamente adequados à Área de Influência Direta e às demais áreas contíguas ao empreendimento.

Estes dados deverão ser levantados em todas as fontes e órgãos específicos que disponibilizem tais informações, visto que as informações acerca dos estudos e pesquisas na área de estudo, encontram-se dispersos pelas Instituições de Ensino e Pesquisa voltados para a ciência paleontológica e geológica-estratigráfica.

2ª Etapa: Atividades Educativas e Intervenções de Coleta Paleontológica in loco.

As atividades referentes a esta etapa deverão constar da realização de atividades de Educação Patrimonial e Comunicação Social:

- junto ao empreendedor e às empreiteiras responsáveis pelas obras, de forma constante e continuada, durante os períodos previstos e apresentados no Cronograma Físico de Obras;
- junto aos moradores e proprietários locais, de forma eventual.

As intervenções realizadas na Área de Influência Direta do empreendimento deverão seguir as diretrizes dispostas a seguir:

- Na observação do local a sofrer intervenções de escavação para construção direta:
 - ▶ observação da morfoestrutura geológica local e da morfoescultura de relevo circundante à área de implantação do empreendimento, a fim de identificar a presença de depósitos sedimentares sub-recentes. As escavações localizadas diretamente sobre o embasamento rochoso cristalino serão liberadas para escavação sem acompanhamento;
 - ▶ acompanhamento dos trabalhos de escavação em áreas previamente selecionadas de acordo com seu potencial de existência de material fossilífero. O acompanhamento será feito até a escavação alcançar a profundidade necessária para a colocação das estruturas específicas, ou ao atingir rocha afossilífera, de acordo com o levantamento feito para o

Programa de Investigação, Monitoramento e Salvamento do Patrimônio Paleontológico do AHE Jirau;

- ▶ para a abertura de escavações utilizando ferramentas manuais (pás, picaretas, alavancas), o acompanhamento será feito diretamente nas imediações do local;
 - ▶ para a utilização de retro-escavadeira, o acompanhamento será feito na margem de segurança de utilização do equipamento, com observação direta da área escavada e indireta do material retirado e disposto à parte;
- No caso de localização de fósseis, os espécimes retirados das jazidas fossilíferas serão acondicionados individualmente e separados, segundo sua localização:
- ▶ caso sejam encontrados na área a ser alagada, serão identificados de acordo com a quilometragem linear das margens do curso d'água/reservatório.
 - ▶ caso encontrados em locais destinados à abertura de acessos, estes serão acondicionados da mesma forma que os demais, porém tomando-se a precaução de separá-los de acordo com a quilometragem do reservatório em relação à via de acesso em que foram retirados.
 - ▶ quando encontrados nas áreas de canteiro de obras, empréstimo de materiais terrígenos e áreas de botafora, estes deverão ser acondicionados de igual forma, sendo sua localização identificada com uso de GPS.
- No caso de localização de fósseis, os espécimes retirados das jazidas fossilíferas deverão ser retirados da rocha, acondicionados e separados conforme descrito abaixo:
- ▶ para a mastofauna fóssil, as partes fragmentadas (ossos ou dentes) serão reforçadas com resina ou cola de fácil remoção. A rocha circundante será escavada para delinear a forma, tamanho, posição e articulação das peças fósseis. Na seqüência, será feita a coleta de forma manual, se o material estiver bem consolidado, ou com uma proteção física (gesso ou resina) para a retirada e transporte. Todas as etapas são acompanhadas de registro fotográfico e croqui logístico do material retirado;
 - ▶ para os fósseis de dinossauros e demais répteis, as partes fragmentadas (ossos, escamas, dermoplacas, unhas ou dentes) serão reforçadas com resina ou cola de fácil remoção. A rocha circundante será escavada para delinear a forma, tamanho, posição e articulação das peças fósseis. Na seqüência, será feita a coleta de forma manual, se o material estiver bem

consolidado, ou com uma proteção física (gesso ou resina) para a retirada e transporte. Todas as etapas são acompanhadas de registro fotográfico e croqui logístico do material retirado;

- ▶ para vegetais e ictio fósseis, a rocha circundante será escavada para delinear a forma, tamanho, posição e articulação das peças. Como a maioria dos troncos encontrados estão permineralizados com sílica (silicificados), há uma proteção física natural, sendo a remoção de rocha feita de modo manual ou com ferramentas leves (martelo de geólogo, talhadeiras pequenas) e envolto em plástico-bolha. Todas as etapas são acompanhadas de registro fotográfico e croqui logístico do material retirado;
- ▶ para icnofósseis, a rocha circundante será escavada para delinear a forma, tamanho, posição e articulação dos registros de rastro e passagem animais. Na seqüência, será feito decalque de registro com a utilização de papel vegetal e lápis de cera ou tinta guache, buscando a representação fiel da imagem do registro na rocha. Todas as etapas são acompanhadas de registro fotográfico e croqui logístico do material retirado;
- ▶ todo material coletado será identificado de acordo com sua localização em relação ao empreendimento (quilômetro do reservatório pelo curso do rio ou quilometragem da via de acesso relação às áreas de canteiro, empréstimo ou bota-fora ou em relação à casa de força da usina), coordenadas UTM, e formação sedimentar e unidade litoestratigráfica, sendo tombado a seguir na coleção paleontológica do Laboratório de Biologia Evolutiva da Universidade Federal de Rondônia a firmar colaboração com o empreendedor do AHE Jirau.

Atividades de Educação Patrimonial

As atividades de Educação Patrimonial, conforme explicitado nos Objetivos Específicos do escopo deste Programa (**item 4.9.3 - Objetivos**) deverão ser empreendidas para a população das áreas de influência Direta e Indireta do AHE Jirau, que compreende os municípios de Mutumparaná, Jaciparaná e Abunã.

Segundo o Estudo de Impacto Ambiental realizado para os AHEs Santo Antonio e Jirau, no Rio Madeira/RO (2006), a Área de Influência Direta do AHE Jirau apresenta população residente com faixa etária bastante diversificada. Desta, cerca de 93% dos estudantes residentes na AID da Usina Hidrelétrica estudam na Escola Municipal Nossa Senhora de Nazaré, no município de Mutumparaná.

Esta unidade de ensino deverá ser utilizada como base operacional para as atividades de Educação Patrimonial, envolvendo alunos, professores, funcionários e demais moradores locais, em atividades de palestras com o uso de imagens dos fósseis que ocorrem na área e a importância dos mesmos para a Ciência Paleontológica e para o Patrimônio Cultural Nacional. Da mesma forma, a unidade de ensino representada pela Escola Municipal Cleunice de Jesus, localizada na Vila Primavera e os demais núcleos de reuniões da comunidade (igrejas, grupos escolares, etc.) localizados na Vila do rio Abunã, deverão integrar o circuito de locais destinados às atividades de Educação Patrimonial previstas por este Programa.

Um dos objetivos dessa atividade é proporcionar subsídios aos diretamente envolvidos no processo, visando a divulgação, apresentação e conscientização em relação ao Patrimônio Cultural Nacional, dando ênfase especial ao patrimônio paleontológico de Rondônia, ainda pouco conhecido pela comunidade científica e local.

3ª Etapa: Transporte, Curadoria e Guarda do material fossilífero

Esta etapa deverá obedecer aos seguintes estágios:

- **Transporte:** os espécimes fósseis coletados e acondicionados de forma devida deverão ser transportados em caixas isolantes, de modo a não sofrer quaisquer tipos de impacto ou contato com as intempéries do ambiente externo.
- **Curadoria:** espécimes ou fragmentos fossilizados coletados serão separados segundo o processo de fossilização e classificados de acordo com sua Sistematização Taxonômica. Caberá ao Laboratório de Biologia Evolutiva da Universidade Federal de Rondônia, a realização das atividades de curadoria propostas por este Programa.
- **Guarda do material:** todo material fossilífero porventura encontrado deverá integrar a Coleção de Referência Paleontológica do Laboratório de Biologia Evolutiva da Universidade Federal de Rondônia.

4ª Etapa: Elaboração e Divulgação de Resultados Preliminares

As atividades desenvolvidas para este Programa buscam a verificação e localização de áreas com possibilidades de ocorrência de jazidas fossilíferas ainda não delimitadas e/ou descobertas pelos estudiosos deste ramo na Sociedade Científica Brasileira.

Esta etapa visa à divulgação de pesquisas científicas que corroborem na interpretação e entendimento de processos geológico-climáticos, ecológicos e biogeográficos ocorridos em território brasileiro e na correlação de ocorrência destes em outras partes do planeta.

Os resultados obtidos a partir dos estudos realizados na Área de Influência Direta do empreendimento são tidos como “preliminares”, dada à complexidade das informações disponibilizadas pelos pesquisadores tanto da comunidade científica brasileira quanto da internacional. A interpolação dos dados conseguidos por diferentes estudos/pesquisadores nem sempre se referem exatamente aos mesmos parâmetros investigativos utilizados.

Atividades de Análises Laboratoriais

As atividades de Análises Laboratoriais buscam a identificação e determinação de datações absolutas de perfis estratigráficos aflorantes na área estudada, assim como também a identificação de novas espécimes fósseis que venham a ser localizadas na região, conforme disposto nos Objetivos Específicos do **item 4.9.3 - Objetivos**.

Para a execução de tais atividades, deverão ser contatados os Laboratórios relacionados no **Quadro 4.9-5**, objetivando adequada análise técnica do material fossilífero resgatado, segundo capacidade técnica comprovada.

Quadro 4.9-5 - Relação dos laboratórios para análise do material fossilífero encontrado

Laboratório	Instituição de Ensino e Pesquisa	Material fossilífero
Laboratório de Pesquisas Paleontológicas	Universidade Federal do Acre - UFAC (Campus Rio Branco)	Mastofauna
Laboratório de Pesquisas Paleontológicas	Universidade Federal de Rondônia - UNIR (Campus Porto Velho)	Mastofauna
Laboratório do INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA (Manaus)	Palinologia
Laboratório de Micropaleontologia	Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (Campus Porto Alegre)	Micropaleontologia
Laboratório de Paleobotânica	Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (Campus Porto Alegre)	Paleobotânica
Laboratório de Análises Radiocarbônicas	Nacional ou Internacional	Datações Radiocarbônicas (C ₁₄)

4.9.8 - Indicadores

Servirão como Indicadores a quantidade de locais selecionados e previamente visitados, os trechos liberados para as obras de construção do empreendimento hidrelétrico e o quantitativo de sítios ou jazigos fossilíferos cadastrados, monitorados e com resgate e salvaguarda de material.

4.9.9 - Público-Alvo

Constitui-se em Público-Alvo deste Programa a comunidade científica e acadêmica Brasileira e Estrangeira, assim como também a população local e regional.

Os dados resultantes do eventual resgate paleontológico serão utilizados em projetos de iniciação científica, bem como em trabalhos monográficos de pós-graduação. Todo material fossilífero encontrado deverá ser encaminhado ao Laboratório de Biologia Evolutiva da Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Campus Porto Velho, integrando e compondo seu Acervo de Referência Paleontológica, ou outra Instituição de Ensino e Pesquisa a ser indicado, conforme futura recomendação do DNPM e da SUPRAM Nor.

4.9.10 - Relatórios

Conforme disposto no **Item 4.9.7 - Material e Métodos**, ao final de cada etapa prevista pelo Programa de Investigação, Monitoramento e Salvamento Paleontológico, será apresentado um Relatório Preliminar de Acompanhamento das atividades desenvolvidas.

Ao final dos estudos, tendo estes já sido concluídos, será elaborado um Relatório Preliminar Final, apresentado as conclusões obtidas com a Pesquisa Paleontológica e Geológica-Estratigráfica da região que compõe a área do AHE Jirau.

Diz-se que os resultados obtidos a partir dos estudos voltados para a Ciência Paleontológica são “preliminares”, devido à complexidade das informações disponibilizadas pelos pesquisadores que se atém ao assunto, tanto na comunidade científica brasileira quanto na internacional.

Assim sendo, espera-se que os resultados alcançados com este Programa sejam complementados com outras pesquisas e estudos doravante realizados no Brasil e no Exterior.

4.9.11 - Cronogramas

O cronograma deste Programa é apresentado no **Anexo 1**.

4.9.12 - Interface com outros Programas

Assim como o Programa de Prospecção e Salvamento Arqueológico, este Programa articula-se com o Plano Ambiental para Construção, e com os Programas de Comunicação Social e de Educação Ambiental.

Sua articulação ocorre na medida em que as atividades de campo se desenvolvem com interferência direta no sistema natural mediante as ações de engenharia e implantação do projeto. Os levantamentos e resgates do material paleontológico descoberto pela ação das atividades de engenharia na área do canteiro de obras quando das escavações das estruturas no leito do rio serão objeto de análise, registro e divulgação científica, bem como a guarda do acervo em instituição credenciada pelo estado de Rondônia.

4.9.13 - Equipe Técnica para Execução do Programa

Para a execução das atividades propostas no presente Programa serão necessários os seguintes recursos humanos profissionais:

- 1 Paleobotânico;
- 2 Paleontólogos de vertebrados;
- 1 Palinólogo;
- 1 Micropaleontólogo;
- 1 Geólogo estratígrafo;
- 4 Auxiliares de campo com conhecimento da área - recomenda-se que sejam contatados os garimpeiros da lavra do mucururu.

4.9.14 - Referências Bibliográficas

ADAMY, A. & Pereira, L.A.C. 1991. **Projeto Ouro e Gemas - Frente Rondônia**. Relatório Anual. CPRM, Porto Velho: 8-35.

ADAMY, A. & Romanini, S.J. (coords). 1990. **Geologia da Região de Porto Velho - Abunã**. Relatório Final. DNPM/CPRM, Porto Velho, 273 pp.

EIA/RIMA Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira - RO. Consórcio Furnas, Odebrecht e Leme - Abril 2006 - Apresentação em CD-Rom.

HOLANDA, E.C. & Cozzuol, M. 2006. **New records of Tapirus from the Pleistocene of Southwestern Amazônia, Brasil**. Revista Brasileira de Paleontologia (9):193-200.

LATRUBESSE, E.M. & Rancy, A. 1998. **The Late Quaternary of the Upper Juruá River, Southwestern Amazonia, Brazil: Geology and Vertebrate Paleontology**. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula (11): 27-46.

Ministério Público do Estado de Rondônia. 2006. **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 Jirau, no Rio Madeira, Estado de Rondônia**. (COBRAPE), 816 pp

NASCIMENTO, E.R. 2008. **Os Xenarthra Pilosa (Megatheriidae) Notoungulata (Toxodontidae) e Proboscídea (Gomphotheridae) da Formação Rio Madeira, Pleistoceno Superior, Estado de Rondônia, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências - UFRGS, Porto Alegre, 113 pp.

NASCIMENTO, E.R. & Holanda, E.C. 2006. **Considerações paleoambientais sobre a Formação Rio Madeira, Pleistoceno Superior, Rondônia**. Semana Acadêmica dos Alunos de Pós-Graduação em Geociências - UFRGS, Porto Alegre (1):105-108.

QUADROS, M.L.E.S.; Rizzoto, G.J.; Oliveira, J.G.F. & Castro, J.M.R. 2006. **Depósitos fluviais da Formação Rio Madeira, Pleistoceno Superior da Bacia do Abunã, Rondônia**. IX Simpósio de Geologia da Amazônia, CD-SBG, Belém.

RADAMBrasil. 1978. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folha SC-20 Porto Velho. DNPM (16) 663 pp.

RANZI, A. 2000. **Paleoecologia da Amazônia - Megafauna do Pleistoceno**. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 122 pp.

RIZOTTO, G. J., Cruz, N.M.C., Oliveira, J.G.D., Quadros, M.L.E.S. & Castro, J.M. 2006. **Paleoambiente e o Registro Fossilífero Pleistocênico dos Sedimentos da Formação Rio Madeira**. IX Simpósio de Geologia da Amazônia, CD-SBG, Belém.

SADECK, F.J. 1999. **Sobre a ocorrência de fósseis em Araras - Divisão de Minas e Controle Ambiental na Mineração - DNPM, Brasília, 18 pp.**

4.9.15 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa

Nome	Formação	Registro em conselho (ou RG)	Cadastro Técnico Federal (IBAMA)
Alceu Ranzi	Mestrado em Geociências Doutorado em Wildlife Ecology	4.000.547-0	3460312

ANEXOS

ANEXO 1 - CRONOGRAMA

ÍNDICE

4.10 - Programa de Monitoramento Limnológico.....	1/30
4.10.1 - Introdução	1/30
4.10.2 - Justificativa	3/30
4.10.3 - Objetivos.....	4/30
4.10.3.1 - Objetivos Específicos.....	4/30
4.10.4 - Metas	5/30
4.10.5 - Base Legal	7/30
4.10.6 - Âmbito de Aplicação	7/30
4.10.7 - Metodologia.....	8/30
4.10.7.1 - Metodologia de Coleta e de Conservação das Amostras	12/30
4.10.7.2 - Metodologias de Análises	17/30
4.10.7.3 - Análise dos Dados.....	21/30
4.10.7.4 - Modelagem Matemática	22/30
4.10.7.5 - Interfaces	22/30
4.10.8 - Indicadores	24/30
4.10.9 - Público-Alvo	24/30
4.10.10 - Relatórios e Produtos	25/30
4.10.11 - Cronograma.....	25/30
4.10.12 - Interfaces com outros Programas	25/30
4.10.13 - Equipe Técnica para a Execução do Programa.....	25/30
4.10.14 - Referências Bibliográficas.....	26/30
4.10.15 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa	30/30

ANEXOS

Anexo 1 - Cronograma

4.10 - PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO

4.10.1 - Introdução

Inequivocamente, empreendimentos hidrelétricos influenciam os diferentes processos sociais, econômicos e ambientais que ocorrem nas bacias hidrográficas onde estão inseridos. A transformação do ecossistema lótico em reservatório, originando geralmente ecossistemas com características intermediárias, entre lóticos e lênticos, tem como consequência primária o aumento do tempo de residência da água, causando uma série de alterações nas características limnológicas, tanto nas áreas represadas quanto no trecho fluvial a jusante (THOMAZ *et al.*, 1997). Entre os fatores mais afetados estão os padrões de circulação de massas de água, o comportamento térmico, o transporte de sedimentos e a dinâmica de gases e nutrientes (AGOSTINHO *et al.*, 1992; TUNDISI *et al.*, 1993). Ademais, a influência sobre diferentes comunidades biológicas é inquestionável, sendo esperado um conspicuo declínio das populações de grandes peixes migradores, o aumento de áreas colonizadas por macrófitas aquáticas, o aumento da biomassa planctônica e da taxa de colonização de espécies exóticas.

O tempo de retenção intermediário entre rios e lagos, e os aportes predominantes dos tributários podem causar um gradiente longitudinal das características limnológicas ao longo do maior eixo do reservatório formando três zonas distintas: fluvial, intermediária e lacustre. Essas regiões apresentam comportamentos diferenciados quanto aos fatores limnológicos, tais como: taxas de sedimentação, concentração de nutrientes, importância relativa dos aportes de material orgânico e inorgânico e fatores limitantes da produção primária (KIMMEL *et al.*, 1990; THOMAZ *et al.*, 1997).

O AHE Jirau será implantado no denominado “trecho das corredeiras” do rio Madeira, formando um reservatório com área de 302,6 km², em seu nível d’água máximo normal, e volume total de 2746,7 X 10⁶ m³. De acordo com Estudo de Impacto Ambiental - EIA (Tomo B 7-8) a área do reservatório, o volume e a profundidade média aumentam no período de cheias diminuindo no período de estiagem. O tempo de residência, estimado será em geral muito pequeno, variando de um mínimo de cerca de 18 horas em março a um máximo de 40 horas em setembro. Considerando o reservatório em sua cota máxima operativa (cota 90,00m), o índice de desenvolvimento de margens é elevado, situando-se entre os maiores dentre os reservatórios brasileiros. Este valor certamente está afetado pela influência dos afluentes remansados (maior devido à pequena área inundada) e pela própria forma alongada do reservatório. De qualquer

forma, reflete a existência das inúmeras reentrâncias que ocorrem particularmente na margem direita e a existência de bolsões com qualidade da água inferior à do corpo do reservatório.

AGOSTINHO (1995) e AGOSTINHO & GOMES (1997), definem monitoramento como “levantamentos conduzidos para avaliar o grau de variabilidade de fatores bióticos ou abióticos em relação a um modelo ou padrão conhecido ou esperado”. As informações sobre um estado ou fenômeno devem ser obtidas em uma escala temporal que reflita suas variações no sistema, as quais são cíclicas e reguladas por fatores ambientais (o fotoperíodo, as estações do ano, chuvas, níveis fluviométricos etc.).

O regime hidrológico do rio Madeira é monomodal caracterizado por um período de águas baixas, de julho a outubro, e um período de águas altas, de fevereiro a maio, sendo as vazões mínimas do ano com maior frequência em setembro e as máximas de março a abril. Portanto, o monitoramento no rio Madeira deve contemplar as fases de enchente, cheia, vazante e seca da região.

A malha amostral deve considerar as eventuais diferenças de litologia, pedologia, pluviosidade, tipos e usos de solo na bacia, bem como as contribuições de tributários, quando significativas. O perfil longitudinal do rio Madeira apresenta características predominantes de rios de planalto e de planície. Na maior parte da área de influência do AHE Jirau, o rio corta litologias pré-cambrianas da Encosta Setentrional do Planalto Brasileiro; por essa razão, apresenta uma geomorfologia condizente com rios de planalto, como alta declividade e um relevo rico em corredeiras, lajeados e cachoeiras (Estudo de Impacto Ambiental - Tomo B 1 - A).

O estudo das relações entre condicionantes limnológicos, enquanto causas, e as respostas fisiológicas dos organismos aquáticos, como efeitos (BIANCHINI Jr., 1994), é outro componente imprescindível aos estudos limnológicos. A composição, abundância e diversidade da biota aquática expressam a somatória temporal das condições ambientais, tornando-se sensores fundamentais do sistema (CAMARGO, 1994 e LOEB, 1994, *apud* BRANDIMARTE *et al.*, 1999).

Programas de caracterização e monitoramento limnológicos são ferramentas essenciais para identificação dessas novas condições e, se necessário, prevenção e controle dos problemas delas decorrentes (BARBOSA *et al.*, 1995; ESTEVES, 1995; TUNDISI & STRASKRABA, 1995). No caso de estudos que precedem alterações ambientais, os estudos limnológicos devem ter uma abordagem preditiva, buscando estabelecer modelos matemáticos para predição de variáveis de utilização ampla, com baixo custo de obtenção (transparência, nutrientes, biomassa fitoplânctônica, etc.),

que indicam processos de importância capital para o manejo dos ecossistemas e para o desenvolvimento de hipóteses (THOMAZ & BINI, 1999).

4.10.2 - Justificativa

As águas do rio Madeira são classificadas de águas brancas (originárias na região Andina e pré-Andina) e caracterizadas pela grande quantidade de partículas dissolvidas (nutrientes e sais minerais) e em suspensão, baixa concentração de matéria orgânica e meio próxima a neutralidade. A flutuação média anual da água do rio varia na faixa de 10,8 -12,4 metros, carga de 50-68 mg/L de sais dissolvidos e 15-359 mg/L de material sólido em suspensão. (GOULDING *et al.*, 2003).

O estudo de impacto ambiental (TOMO B 1-A) referente à limnologia ressalta que dentre os diversos parâmetros físicos e químicos observados, o mais crítico está associado à carga sólida em suspensão, que afeta a qualidade da hidrovia tanto no seu aspecto físico (assoreamento, espaiamentos, formação de bancos de areia, indefinição posicional do canal de navegação, etc.) quanto na sua biodinâmica, prejudicando o desenvolvimento de sua produtividade primária e secundária, bem como limitando a disponibilidade de nutrientes.

A bacia Amazônica apresenta elevado nível basal de mercúrio natural, o qual nos corpos aquáticos poderá ser transformado, assimilado pela biota, adsorvido no material particulado suspenso ou de fundo, ou ser exportado para a atmosfera. A metilação do mercúrio, processo este que tem merecido especial atenção em reservatórios naturais e artificiais devido à elevada toxicidade e bioacumulação na biota, ocorre preferencialmente quando o substrato (Hg^{2+}) está disponível, quando há disponibilidade de luz, disponibilidade de matéria orgânica (ROCHA *et al.*, 2000; 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2007), além de pH e condições redox (PE) otimizadas. Portanto, o ciclo biogeoquímico do mercúrio é determinado principalmente pelas características físicas e químicas da água, bem como pela hidrodinâmica do corpo aquático.

Os impactos relacionados com a migração dos peixes no rio Madeira foram intensamente discutidos no que diz respeito à descida de ovos, larvas e juvenis para que não haja nenhum fator expressivo de aumento da taxa de mortalidade, desta maneira o monitoramento limnológico torna-se ferramenta importante para o acompanhamento das características físicas do meio relacionadas à transparência da coluna d'água.

Em condições naturais, o rio Mutum-Paraná é inundado anualmente, este alagamento é feito com águas provenientes do próprio Mutum-Paraná e de seu afluente, o rio Cotia. A implantação do reservatório de Jirau prolongará a inundação do Bolsão Lateral do Mutum tornando a mais profunda e afetando maiores áreas. O Bolsão Lateral do Mutum tem sua circulação totalmente associada à variação de níveis do rio Madeira. Com a implantação do reservatório do AHE Jirau, estas variações ficarão reduzidas no período de janeiro a abril, quando o reservatório opera em seu nível máximo, criando condições desfavoráveis para a qualidade da água.

O monitoramento do futuro reservatório do AHE Jirau possibilitará avaliar as condições físicas, químicas, bacteriológicas e biológicas das águas que poderão sofrer alterações pela mudança da dinâmica fluvial do rio Madeira causada pela implantação do barramento. A implantação e utilização do modelo matemático permitirá que sejam elaborados prognósticos da qualidade da água mediante as ações implementadas e quantificados os impactos com os meios físico, biótico e social, permitindo assim redimensionar recursos e esforços com vistas à minimização dos impactos negativos e potencialização dos impactos positivos.

4.10.3 - Objetivos

O programa de monitoramento limnológico tem como objetivo geral prognosticar e mensurar as modificações na dinâmica limnológica advindas das transformações do ambiente, decorrentes da implantação e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle, caso sejam identificados problemas de qualidade de água.

4.10.3.1 - Objetivos Específicos

- Identificar as alterações limnológicas no rio Madeira e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório (gradiente temporal).
- Identificar as alterações limnológicas no rio Madeira e seus principais tributários, entre os trechos de montante e jusante do AHE Jirau (gradiente espacial).
- Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais das variáveis limnológicas, ao longo do rio Madeira e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório.

- Determinar a relação das variáveis limnológicas com os ciclos sazonais e pulsos de inundação dos corpos d'água, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório.
- Determinar o perfil vertical de variáveis limnológicas, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório;
- Avaliar o ciclo nictemeral das comunidades fitoplanctônica e zooplanctônica, no período de seca, durante a fase de operação do reservatório.
- Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade da água para os usos previstos no enquadramento do corpo hídrico, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório.
- Classificar a qualidade da água e o grau de trofia, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório.
- Fornecer informações precisas para subsidiar a gestão da qualidade da água do reservatório e adoção de medidas mitigadoras quando necessário.
- Prognosticar as possíveis alterações da qualidade da água, decorrentes das transformações ambientais, durante as diferentes fases do empreendimento.
- Promover interface com os Programas de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas, Conservação da Ictiofauna, Conservação da Fauna, Saúde Pública, Comunicação Social e Educação Ambiental.

4.10.4 - Metas

- Realizar análises de doze (12) variáveis físicas, vinte e seis (26) químicas e sete (07) biológicas em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, seis (06) no rio Madeira, dez (10) em afluentes e uma (01) na área alagada de Mutum, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de implantação e enchimento.
- Realizar análises de doze (12) variáveis físicas, vinte e seis (26) químicas e sete (07) biológicas em uma (01) estação amostral no rio Mamoré, seis (06) no rio Madeira, dezessete (17) em afluentes e três (03) na área alagada de Mutum, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de operação do reservatório.

- Realizar campanhas de campo trimestrais, durante a execução das obras (fase rio), com início três anos antes do enchimento, totalizando 12 campanhas, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca.
- Realizar campanhas de campo mensais, durante um ano após início do enchimento do reservatório (fase enchimento/início da estabilização), totalizando 12 campanhas, para análises físicas, químicas e bacteriológicas, sendo que as análises biológicas serão realizadas com frequência bimestral, totalizando 6 campanhas.
- Realizar campanhas de campo trimestrais, durante 8 anos da operação (fase reservatório), totalizando 32 campanhas, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca;
- Realizar análises numéricas e qualitativas dos resultados limnológicos obtidos para caracterização das variações temporais e especiais.
- Relacionar resultados limnológicos obtidos às alterações sazonais características dos períodos de enchente, cheia, vazante e seca.
- Mensurar a temperatura da água, temperatura do ar, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, potencial redox, turbidez e transparência da coluna d'água, no eixo vertical, a cada intervalo de 50 cm de profundidade, durante as campanhas de campo, em todas as estações de amostragem.
- Realizar análises de temperatura da água e do ar, pH, oxigênio dissolvido, potencial de redox, condutividade, fósforo total, ortofosfato, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e total e organismos planctônicos, na estação de amostragem próxima ao eixo da barragem, a cada intervalo de 4 horas, ao longo de 24 horas, durante a fase de operação do reservatório, no período de seca.
- Comparar os resultados limnológicos obtidos aos padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 2.
- Calcular o IQA (índice de qualidade da água) e o IET (índice do estado trófico) a partir dos resultados obtidos, em todas as campanhas de campo.
- Criar e alimentar um banco de dados georreferenciado para sistematizar as informações limnológicas decorrentes das campanhas de campo.

- Elaborar modelo matemático para Prognóstico da Qualidade da Água para o corpo central, tributários e jusante do reservatório, com projeção para oito anos após início o enchimento;
- Fornecer subsídios limnológicos fundamentais para avaliação dos processos hidrobiogeoquímicos.
- Fornecer informações sobre a qualidade da água indispensáveis para o estudo da dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas.
- Fornecer informações sobre aspectos limnológicos essenciais para manutenção de ovos e larvas e conservação da ictiofauna.
- Fornecer informações sobre qualidade da água no ecossistema aquático de interesse para saúde pública.
- Fornecer informações sobre os resultados do monitoramento da comunidade bentônica, priorizando as famílias de insetos aquáticos de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, Heteroptera e Odonata de interesse para o programa de conservação da Fauna.
- Fornecer informações sobre as alterações da qualidade da água, decorrentes do empreendimento, de interesse público, relevantes a comunicação social e educação ambiental.

4.10.5 - Base Legal

O presente programa considera os objetivos e as diretrizes gerais estabelecidas pela Lei 9433/1997, da Política Nacional de Recursos Hídricos. Para fins de comparação da condição de qualidade da água serão utilizados os padrões definidos pela resolução CONAMA 357/2005. Para critérios de balneabilidade será utilizada a resolução CONAMA 274/2000. Em pontos de captação de água para consumo humano será seguido o estabelecidos pela Portaria MS 518/2004. Este programa também considera o atendimento à Licença Prévia no. 251/2007.

4.10.6 - Âmbito de Aplicação

O monitoramento limnológico será desenvolvido no trecho do rio Madeira e nos principais tributários, passíveis de sofrerem influência direta e indireta do barramento.

O rio Madeira, via natural de integração da Amazônia Ocidental, é considerado binacional por fazer fronteira entre o Brasil e a Bolívia, sendo formado a partir do encontro dos rios Beni e Mamoré. O rio Mamoré nasce na Cordilheira Real dos Andes bolivianos, nas proximidades de Santa Cruz de La Sierra, com a denominação de Grande La Plata. Seu curso tem a extensão de 2.200 km e sua bacia de drenagem cobre uma área de aproximadamente 525.00 km². Penetra em Rondônia pelo extremo sul e, entre as cidades de Costa Marques e Guajará Mirim, recebe o rio Guaporé, cujas nascentes são localizadas na Chapada dos Parecis em Mato Grosso. Nas proximidades de Nova Mamoré, recebe o rio Beni, passando então a se chamar rio Madeira.

O rio Beni nasce no Planalto Andino boliviano, nas proximidades de Cochabamba. Seu curso tem a extensão de 1.600 km e sua bacia de drenagem abrange aproximadamente 172.000 km². Seu principal tributário é o rio Madre de Dios, cujas nascentes se localizam quase inteiramente nos Andes peruanos. Deve-se ressaltar que o rio Beni, o maior dos afluentes andinos, descarrega mais água do que o rio Mamoré e Guaporé juntos.

O rio Mutum-Paraná e seu tributário, o rio Cotia, afluente pela margem direita do Madeira tem suas nascentes localizadas na Serra dos Pacaás Novos. A bacia do rio Mutum-Paraná ocupa superfície de 8.840 km² e serve principalmente como via de penetração para o interior.

O rio Abunã, afluente da margem esquerda do Madeira, é resultante da confluência dos cursos fluviais Kharamanú e Chipamanú, oriundos do Planalto Andino boliviano. A área de abrangência de sua bacia hidrográfica é de aproximadamente 4.700 km². O igarapé São Simão, outro afluente da margem esquerda do Madeira, tem sua nascente localizada na Serra dos Três Irmãos, divisor de água entre as bacias do Madeira e Ituxi.

O Aproveitamento Hidrelétrico de Jirau situa-se na formação rochosa conhecida como “Ilha do Padre”, no rio Madeira, cerca de 120 km medidos ao longo do rio, a montante de Porto Velho, capital do Estado de Rondônia. O AHE Jirau será implantado no denominado “trecho das corredeiras” do rio Madeira, formando um reservatório com área de 302,6 km², com 981 km² de perímetro, profundidade média de 11 m e profundidade máxima de 19 m.

4.10.7 - Metodologia

Para execução deste programa serão monitoradas 18 estações, durante as fases de implantação e enchimento do reservatório, e 27 estações, durante a fase de operação, distribuídas ao longo da área de influência da AHE Jirau. A seleção das estações de coleta de dados limnológicos foi

baseada no EIA/RIMA e vistoria em campo, estando distribuídas da seguinte forma (**Quadro 4.10-1**):

- Uma (01) estação de monitoramento em um dos rios formadores do Madeira, sendo escolhido o rio Mamoré por estar em território nacional.
- Seis (06) estações de monitoramento no rio Madeira, sendo cinco (05) localizadas a montante do eixo (MAD 10, MAD 20, MAD 30, MAD 40, nomenclatura de referência pelo EIA/RIMA) e uma (01) a jusante (pode ser MON 05 do PBA de Santo Antonio ou MAD 50).
- Dez (10) estações de monitoramento nos afluentes igarapé Ribeirão, igarapé Araras, rio Abunã (ABU 10, nomenclatura de referência pelo EIA/RIMA), igarapé Simãozinho, igarapé São Simão (SIM 10, nomenclatura de referência pelo EIA/RIMA), igarapé Castanho, rio Mutum-Paraná, rio Cotia (COT 10, nomenclatura de referência pelo EIA/RIMA), igarapé São Lourenço, igarapé Caiçara e igarapé Jirau, localizadas pouco acima do limite da influência do rio Madeira durante o período de cheia.
- Uma (01) estação de monitoramento na área alagada de Mutum.

Após início da operação do reservatório, deverão ser incluídas mais nove (09) estações de monitoramento:

- Sete (07) estações de monitoramento nos tributários igarapé São Simão, igarapé Castanho, rio Mutum-Paraná, rios Cotia, igarapé São Lourenço, igarapé Caiçara e igarapé Jirau, localizadas pouco acima do limite da influência do reservatório durante o período de cheia.
- Duas (02) estações de monitoramento na área alagada de Mutum, a ser maximizada pelo reservatório.

Quadro 4.10-1 - Estações de monitoramento limnológico e coordenadas geográficas.

Estações	Descrição	Coordenadas Geográficas	
MAM	Rio Mamoré	10°23'18.28"	65 24'03.89"
MAD 1	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 10	10°19'38.31"	65 ° 21'5.43"
RIB	Igarapé Ribeirão	10°13'58.23"	65 ° 16'57.32"
ARA	Igarapé Araras	10°00'51.24"	65 ° 18'53.51"
ABU	Rio Abunã	09°41'11.00"	65 ° 26'26.00"
MAD 2	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 20	09 ° 37'54.55"	65 ° 25'49.70"
SIZ 1	Igarapé Simãozinho 1	09 ° 36'34.21"	65 ° 24'6.63"
SIZ 2*	Igarapé Simãozinho 2		
SIM 1	Igarapé São Simão 1	09 ° 30'35.19"	65 ° 17'54.06"

Estações	Descrição	Coordenadas Geográficas	
SIM 2*	Igarapé São Simão 2		
MAD 3	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 30	09 ° 36'5.52"	65 ° 7'31.24"
CAS 1	Igarapé Castanho 1	09 ° 36'13.75"	65 ° 8'3.58"
CAS 2*	Igarapé Castanho 2		
MTP 1	Rio Mutum-Paraná 1	09 ° 36'44.25"	65 ° 55'52.80"
MTP 2	Rio Mutum-Paraná 2	09 ° 40'29.84"	64 ° 58'40.28"
COT 1	Rio Cotia 1	09 ° 41'1.48"	64 ° 58'41.99"
COT 2*	Rio Cotia 2		
MUT 1	Área alagada de Mutum 1	09 ° 37'14.06"	65 ° 57'6.71"
MUT 2	Área alagada de Mutum 2	09 ° 36'49.04"	65 ° 56'36.03"
MUT 3*	Área alagada de Mutum 3		
MAD 4	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 40	09 ° 34'14.67"	64 ° 53'23.37"
LOU 1	igarapé São Lourenço 1	09 ° 21'54.42"	64 ° 50'56.19"
LOU 2*	igarapé São Lourenço 2		
CAI 1	igarapé Caiçara 1	09 ° 22'32.20"	64 ° 49'30.47"
CAI 2*	igarapé Caiçara 2		
JIR 1	Igarapé Jirau 1	09 ° 19'60.00"	64 ° 43'38.75"
JIR 2*	Igarapé Jirau 2		
MAD 5	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 50	09 ° 14'45.04"	64 ° 37'46.53"

*As coordenadas geográficas deverão ser definidas até o final da fase de instalação, antes do início da operação do reservatório.

Destaca-se a importância de incluir uma estação de amostragem no rio Beni, um dos formadores do rio Madeira. Porém, por se tratar de um rio localizado em território Boliviano, a inclusão ponto de monitoramento em território estrangeiro necessita de autorização do governo local.

O programa de monitoramento limnológico será desenvolvido ao longo de 12 anos de monitoramento em concordância com a proposta do EIA/RIMA, sendo dividido em três fases:

- Coleta de dados trimestrais, durante a execução das obras (fase rio), durante três (03) anos, totalizando dezesseis (12) campanhas, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca.
- Coleta de dados mensais, durante um (01) ano após início do enchimento do reservatório (fase enchimento/início da estabilização), totalizando 12 campanhas.
- Coleta de dados trimestrais, durante a operação (fase reservatório), durante oito (08) anos, totalizando 28 campanhas, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca.

As coletas trimestrais são importantes para quantificar a influência do ciclo hidrológico sobre as características limnológicas. Portanto, as coletas deverão ocorrer durante as fases de enchente, cheia, vazante e seca que, na área de influência do AHE Jirau, ocorrem, de maneira geral, nos

meses de janeiro, abril, junho e outubro, respectivamente. As datas exatas das campanhas poderão sofrer ajustes, dependendo do regime de chuvas na área investigada e do nível hidrológico do rio Madeira, com o objetivo de contemplar as fases descritas acima.

O monitoramento mensal durante o primeiro ano após o início do enchimento é importantíssimo para mensurar as possíveis modificações na dinâmica limnológica advindas das transformações do ambiente decorrentes da implantação e operação do empreendimento.

O perfil em diferentes profundidades no corpo central do reservatório será desenvolvido em intervalos de 50 cm de profundidade com o auxílio de sonda multiparâmetros possibilitando a análise da temperatura do ar, temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, potencial redox, turbidez e transparência da coluna d'água.

As estratificações estáveis da coluna de água, o regime de mistura vertical, a disponibilidade de luz e nutrientes têm importantes conseqüências na distribuição da comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica na coluna de água (Calijuri *et al.*, 2002; Kimmel *et al.*, 1990). Em regiões tropicais, a entrada diurna de calor e a pronunciada variabilidade local na velocidade do vento durante o dia são fatores determinantes nas mudanças diárias no processo de estratificação térmica da coluna de água, sendo este fenômeno importante na seleção das espécies fitoplanctônicas (Reynolds, 1999; Barbosa e Padisák, 2002). Em condições de estratificação térmica, migrações verticais diárias podem ocorrer devido às mudanças na densidade celular dos organismos, como a regulação por aerótopos em cianobactérias, ou através de movimentos ativos das formas flageladas, como dinoflagelados e criptofíceas, para evitar a fotooxidação ou para otimizar a utilização da energia luminosa e nutrientes (Arvola *et al.*, 1987; Reynolds, 1984).

Durante a fase de operação do reservatório, no período de seca, serão realizadas em um ponto próximo (MAD 4) ao barramento coletas em intervalos de 4 horas durante 24 horas na região limnética: a sub-superfície (0,3m), zona de mistura (acima do início da termoclina e estimada de acordo com os perfis de temperatura), zona afótica e próximo ao fundo. Nestas amostras serão analisados os parâmetros: temperatura do ar e da água, pH, oxigênio dissolvido, potencial redox, condutividade, fósforo total, ortofosfato, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e total e organismos planctônicos.

Para caracterização da qualidade da água foram selecionadas doze (12) variáveis físicas, vinte e seis (26) químicas e sete (07) biológicas (Quadro 4.10-2).

Quadro 4.10-2 - Variáveis físicas, químicas e biológicas a serem monitoradas.

Variáveis		
Físicas	Químicas	Biológicas
Temperatura do ar	Condutividade	Clorofila a
Temperatura da água	pH	Coliformes termotolerantes
Profundidade	Potencial redox	<i>Escherichia coli</i>
Zona eufótica	Oxigênio dissolvido	Fitoplâncton
Transparência	Saturação de oxigênio	Zooplâncton
Cor	DBO	Zoobentos
Turbidez	DQO	Cianotoxinas
Sólidos totais	Carbono inorgânico	
Sólidos totais dissolvidos	Carbono orgânico total	
Sólidos em suspensão	Carbono total	
Sólidos fixos	Gás carbônico livre	
Sólidos voláteis	Gás carbônico total	
	Alcalinidade	
	Dureza	
	Nitrito	
	Nitrato	
	Nitrogênio amoniacal	
	Nitrogênio total Kjeldahl	
	Orto-fosfato	
	Fósforo total	
	Silicato reativo	
	Ferro	
	Cloreto	
	Sulfato	
	Sulfeto	
	Óleos e graxas	

4.10.7.1 - Metodologia de Coleta e de Conservação das Amostras

Na fase de execução do empreendimento (fase rio), as amostras serão coletadas somente em sub-superfície, na calha do rio Madeira e nos tributários com frequência trimestral para todos os parâmetros. No entanto, após a formação do reservatório em pontos de monitoramento localizados no corpo do reservatório, as amostras (para variáveis físico-químicas) deverão ser coletadas em sub-superfície e abaixo do limite da zona eufótica (com garrafa de Van Dorn). A profundidade exata das amostras na zona afótica (quando essa existir) dependerá da profundidade do local de coleta. Esteves (1998) sugere 1 m abaixo do limite da zona eufótica e, para evitar o revolvimento do sedimento em certos pontos, menores profundidades serão escolhidas. A frequência deverá ser mensal após o fechamento do reservatório para as variáveis físicas e químicas e bimestral para as variáveis biológicas, após este período as campanhas

deverão ser realizadas trimestralmente para análise das variáveis físicas e químicas e semestralmente para as variáveis biológicas e análise de sedimento.

O monitoramento de cianotoxinas será necessário quando a densidade de cianobactérias for superior a 20.000 células/ml, nos possíveis pontos de captação de água para abastecimento doméstico, e 50.000 células/ml nas áreas de recreação de contato primário e dessedentação de animais.

Para melhor interpretação da rotina de coleta e preservação das amostras, é apresentado no **Quadro 4.10-3** - um resumo para cada parâmetro.

Quadro 4.10-3 - Rotina de coleta e preservação das amostras durante o monitoramento limnológico do AHE Jirau.

Determinação	Frasco	Mínimo de amostra coletada (ml)	Preservação	Estocagem máxima recomendada	Tolerável
pH	-	-	Analisar imediatamente.	0.25h	0.25h
Potencial redox	-	-	Analisar imediatamente.	0.25h	0.25h
Alcalinidade	P,V	200	Refrigerar a 4±2°C.	24h	14dias
Saturação de oxigênio	-	-	Analisar imediatamente.	0.25h	0.25h
DBO	V(B)	300	Adicionar sulfito de sódio quando a amostra apresentar cloro residual - manter refrigerada a 4±2°C.	6h	48h
DQO	P,V	100	Analisar o mais breve possível, ou adicionar H ₂ SO ₄ até pH<2; Refrigerar a 4±2°C.	24 horas	7 dias
Carbono, orgânico, total e inorgânico	V(B)	100	Analisar imediatamente; ou refrigerar e adicionar HCl, H ₃ PO ₄ ou H ₂ SO ₄ para pH<2	7dias	28dias
Dióxido de Carbono	P,V	100	Analisar Imediatamente	0.25horas	N.R.
Clorofila a	P,V (escuro ou envolto por papel alumínio)	500	Não filtrada - escuro à 4°C; Filtrada - escuro a - 20°C	Não filtrada - 24-48horas Filtrada - 28dias	N.R.
Cor	P,V	500	Refrigerar a 4±2°C	48h	48h
Condutividade elétrica	-	-	Analisar Imediatamente	28dias	28dias
Dureza Total	P,V	100	Adicionar HNO ₃ ou H ₂ SO ₄ ajustando o para pH<2; Refrigerar a 4±2°C	6 meses	6 meses
Nitrogênio Amoniacal	P,V	500	Analisar o mais breve possível e adicionar H ₂ SO ₄ até pH<2; Refrigerar a 4±2°C	7dias	28dias
Nitrato	P,V	100	Analisar o mais breve possível; refrigerar a 4±2°C; Para preservar por períodos mais longos, ajustar o pH da amostra para 2 ou menos com ácido sulfúrico, ACS 2,0mL/L	48h	48h (28dias para amostra clorada)

Determinação	Frasco	Mínimo de amostra coletada (ml)	Preservação	Estocagem máxima recomendada	Tolerável
Nitrito	P,V	100	Analisar o mais breve possível; refrigerar a 4±2°C	nenhuma	48h
Nitrogênio total Kjeldahl	P,V	500	H ₂ SO ₄ até pH<2. Refrigerar a 4±2°C	7dias	28dias
Óleos e Graxas	Vidro de boca larga, calibrado	1000	Adicionar HCl ou H ₂ SO ₄ até pH<2; Refrigerar a 4±2°C	28dias	28dias
Oxigênio Dissolvido - Winkler	V, frasco para DBO	300	Fixar com 1mL de sulfato manganoso e 1mL de álcali-iodeto. Refrigerar a 4±2°C	8horas	8horas
Sulfato	P,V	100	Refrigerar a 4±2°C	28dias	28dias
Sulfeto	P,V	100	Refrigerar a 4±2°C	7 dias	7dias
Fósforo Total, ortofosfato	P,V	100	H ₂ SO ₄ até pH<2. Refrigerar a 4±2°C	28dias	N.R.
Cloreto	P,V	50	Refrigerar a 4±2°C	N.R.	28 DIAS
Silicato reativo	P ou quartzo	200	Refrigerar a 4±2°C, não colocar em freezer	28dias	28dias
Ferro total	P,V	1000	Adicionar HNO ₃ , Refrigerar a 4±2°C	6 meses	6 meses
Sólidos	P,V	200	Refrigerar a 4±2°C	7dias	2-7dias
Coliformes Fecais e Totais	P, P(B) - adicionar antes da esterilização 0,3 ml de uma solução de EDTA 15% para cada 100 ml da amostra, para água bruta e poluída ou 0,1mL da solução de tiosulfato de sódio 10% para cada 100 ml de amostra	125 - deixar no frasco um espaço de até 2,5cm	Refrigerar a 4±2°C e analisar o mais rápido possível	6horas	24horas
Temperatura	-	-	Analisar imediatamente	0.25h	0.25h
Turbidez	P,V	100	Analisar no mesmo dia; estocar no escuro após 24h; Refrigerar a 4±2°C	24h	48h

Determinação	Frasco	Mínimo de amostra coletada (ml)	Preservação	Estocagem máxima recomendada	Tolerável
Comunidade Fitoplanctônica	P - para amostragem quantitativa, envolver o frasco com papel alumínio.	100 (arrasto com a rede, - concentração em 100mL) - amostragem qualitativa; 100 - amostragem quantitativa	Preservar imediatamente: Qualitativa - 100mL de transeau; Quantitativa - 0,3mL de lugol acético (conservar no escuro)	Para um maior tempo de estocagem (amostragem quantitativa), fixar com 0,7mL de lugol acético	N.R.
Comunidade Zooplanctônica	P	100mL	Preservar imediatamente com 2mL de Bórax, os 100mL filtrados	N.R.	N.R.
Comunidade Bentônica	P	Rio e córrego - área de 60x60, amostrado com Surber Lago - área de 345cm ² , amostrada com Draga de Petersen	Coleta realizada com surber - álcool 80%; Coleta realizada com draga - formol 4%	N.R.	N.R.
Sedimento	P	1 Kg	Refrigerar a 4±2°C	N.R.	N.R.

Legenda: P = Plástico; V(B) = vidro, borosilicato; V = vidro; N.R. = não referenciada

4.10.7.2 - Metodologias de Análises

As técnicas de análise de amostras de água para análises físicas, químicas e biológicas compreendem as descritas no “STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER” da AWWA (1998) 21 edição.

Em campo, serão determinados os parâmetros de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, potencial redox, saturação de oxigênio e temperatura da água com o auxílio de uma sonda multiparâmetros. Enquanto que para os outros parâmetros, as amostras de água serão coletadas em frascos de polietileno ou vidro e devidamente preservadas até o momento da análise. No sedimento será analisado matéria orgânica, carbono orgânico, fósforo total, nitrogênio total, sódio, potássio, cálcio, magnésio e granulometria (areia grossa, areia fina, silte, argila) (Quadro 4.10-1).

4.10.7.2.1 - Comunidades Biológicas

4.10.7.2.1.1 - Comunidade Fitoplanctônica

As amostras para a análise da *comunidade fitoplanctônica* serão coletadas em sub-superfície, diretamente nos frascos de armazenamento e preservadas com solução de Lugol acético. Ademais, serão realizadas coletas com rede de plâncton com 15 micrômetros de abertura de malha, para auxiliar no estudo qualitativo. Estas amostras serão fixadas com solução Transeau (BICUDO & MENEZES, 2006).

a) Biomassa Fitoplanctônica ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$)

A biomassa fitoplanctônica será estimada através do cálculo do biovolume, multiplicando-se as densidades de cada espécie pelo volume das algas, considerando-se as dimensões médias das espécies abundantes. O volume de cada célula será calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma dos indivíduos como, esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipsóides e outros (WETZEL & LINKENS, 1991).

A inclusão deste atributo justifica-se por ser uma medida mais eficiente de abundância, uma vez que existe uma grande variação de tamanho entre os organismos fitoplanctônicos e muitas vezes amostras com grande densidade de algas de pequenas dimensões apresentam menor biomassa, que amostras com reduzidas densidades de grandes algas. Além disso, ao contrário

da análise de concentração de clorofila-a (estimativa de biomassa fitoplanctônica) a utilização do biovolume permite identificar as espécies ou grupos taxonômicos mais importantes em termos de biomassa.

b) Densidade Fitoplanctônica (ind.mL⁻¹)

O estudo quantitativo do fitoplâncton será realizado mediante o uso de um microscópio invertido marca Carl Zeiss (Axiovert 135), após prévia sedimentação em câmaras de Utermöhl, de volumes variáveis de amostras, de acordo com a concentração de algas e/ou detritos presentes (UTERMÖHL, 1958), por pelo menos três horas para cada centímetro de altura da câmara (MARGALEF, 1983). A contagem será feita até a obtenção de 100 indivíduos das espécies mais abundantes. Os resultados serão expressos em indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) por mililitro, ou seja, na forma em que se encontram na natureza.

A identificação dos táxons será feita utilizando-se, basicamente trabalhos como os de KOMARÉK & FOTT (1983), TELL & CONFORTI (1986), RUZICKA (1977) e KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1991).

c) Contagem de Células

A contagem do número de células de cianobactérias utilizará o retículo de Whipple, normalmente empregado para contagem de Unidade-Padrão de Área (UPA). Sobrepõem-se as colônias intactas ao quadrado e conta-se o número de células. O retículo será calibrado e as contagens realizadas utilizando câmaras de Utermöhl ou Sedgwick Rafter.

d) Análise de Cianotoxinas

O monitoramento de cianotoxinas deverá ocorrer quando a densidade de cianobactérias for superior a 20.000 células/ml, nos pontos de captação de água para abastecimento doméstico, e 50.000 células/ml nas áreas de recreação de contato primário e dessedentação de animais. Para esta análise será coletado um litro de água bruta, filtrada, posteriormente, em filtros de fibra de vidro (borossilicato). Os filtros serão secos a uma temperatura não superior a 50°C e será determinado o peso do material retido nos filtros, através da diferença entre o peso inicial do filtro e o peso seco obtido após a filtração. A microcistina particulada será analisada no material retido no filtro, enquanto que o filtrado será utilizado para análise de microcistina dissolvida, de acordo com protocolos específicos (KRISHNAMURTHY *et al.*, 1986).

A análise será realizada pelo método de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), utilizando-se um fotodetector de diodo e verificando-se o espectro de absorção de cada pico numa faixa de 195 a 300nm. Os espectros cromatográficos obtidos serão comparados com um padrão de microcistina-LR (KRISHNAMURTHY *et al.*, 1986).

4.10.7.2.1.2 - Comunidade Zooplanctônica

As amostras para análise da **comunidade zooplanctônica** serão obtidas à sub-superfície com o auxílio de uma moto-bomba. Por amostra, 1000 litros de água serão filtrados em uma rede de plâncton de 68 µm de abertura de malha. O material coletado será mantido em frascos de polietileno e fixado em solução de formaldeído a 4%, tamponada com carbonato de cálcio. Antes das análises, as amostras serão coradas com Rosa de Bengala para facilitar a visualização dos organismos nas amostras. Em seguida, serão concentradas em um volume conhecido (75 mL). A composição zooplanctônica será avaliada utilizando-se lâminas e lamínulas comuns, microscópio estereoscópico e microscópio óptico. As densidades das espécies serão estimadas (em indivíduos por m³) através da contagem, em câmaras de Sedgwick-Rafter, de 5 alíquotas de 1,5 ml (total de 7,5 ml), obtidas com pipeta do tipo Hensen-Stempel. Uma vez que o método de alíquotas não é suficiente para fornecer resultados satisfatórios de riqueza de espécies (apesar de fornecer uma estimativa satisfatória da densidade total, as espécies pouco abundantes podem não ocorrer nas alíquotas), após as contagens das alíquotas, será realizada uma análise qualitativa das mesmas. Assim, em cada amostra, sub-amostras serão analisadas até que nenhuma nova espécie seja encontrada. A riqueza de espécies será dada pelo número de espécies presentes em cada amostra.

4.10.7.2.1.3 - Comunidade Bentônica

Para a análise da macrofauna bentônica, o sedimento será coletado com uma draga de Petersen somente nos pontos de coleta que permitirem esse tipo de amostragem. O material coletado será acondicionado em galões e fixado em solução de formaldeído a 4%, tamponada com carbonato de cálcio. As amostras serão processadas com o auxílio de peneiras (abertura de malha 2 e 0,2 mm) e o material retido na menor malha será novamente fixado em formol 4%, tamponado com carbonato de cálcio, para posterior triagem, contagem e identificação sob microscópio estereoscópico. Após a identificação, que priorizará as famílias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, Heteroptera e Odonata, cada taxon será contado em cada amostra. As densidades

dos táxons (ind.m⁻²) serão calculadas de acordo com a área do amostrador Petersen. A densidade populacional obtida será expressa em número de organismos/m².

Um estudo das variações de riqueza específica e diversidade entre pontos de coleta e épocas do ano será também efetuado, utilizando-se as fórmulas propostas por Shannon-Weaver.

Serão analisados também no sedimento, matéria orgânica, carbono orgânico, fósforo total, nitrogênio total, sódio, potássio, cálcio, magnésio e granulometria (areia grossa, areia fina, silte, argila).

4.10.7.2.2 - Cálculo do IQA

O índice de qualidade de água varia normalmente entre 0 (zero) e 100 (cem), sendo que quanto maior o seu valor, melhor é a qualidade da água. Índices de qualidade da água estão associados ao uso que se deseja para um corpo d'água. O IQA será determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5,20), Coliformes Fecais, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total.

A seguinte fórmula é utilizada:

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

onde:

IQA = Índice de qualidade das águas. Um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i-ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

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

sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

4.10.7.3 - Análise dos Dados

A caracterização temporal das variáveis com maior periodicidade de amostragem (variáveis físicas e químicas, tais como: oxigênio dissolvido, pH, turbidez, concentração de nutrientes), será obtida através de técnicas de séries temporais interrompidas descritas em Manly (1994).

A caracterização espacial das variáveis abióticas será realizada por análise de similaridade (Cluster), análise de variância (ANOVA) e análise de componentes principais (PCA).

Os resultados limnológicos obtidos serão relacionados às alterações sazonais características dos períodos de enchente, cheia, vazante e seca por ferramentas quimiométricas e análise por componentes principais (PCA).

Análises quantitativas da biodiversidade (índices de diversidade alfa e beta) deverão ser realizadas utilizando os métodos descritos em Magurran (2004) e Colwell (2006).

O Índice de Estado Trófico de Carlson, modificado para sistemas tropicais (Lamparelli, 2004), deverá ser utilizado para análise do processo de eutrofização, a partir dos resultados obtidos, em todas as campanhas de campo.

Os resultados obtidos no programa de monitoramento deverão ser comparados com os padrões de qualidade da água preconizados na resolução CONAMA n. 357 de março de 2005, para águas da classe 2.

Para as comunidades biológicas, técnicas multidimensionais, descritas em Legendre & Legendre (1998), deverão ser utilizadas para ordenar / agrupar os pontos de monitoramento e para quantificar as relações entre os conjuntos de dados abióticos e bióticos. Técnicas de ordenação deverão ser utilizadas para sintetizar os dados através de índices de qualidade da água.

A análise numérica dos dados biológicos compreenderá: riqueza de espécies, diversidade específica, equitabilidade, espécies abundantes, dominantes e raras e espécies indicadoras. A Riqueza de espécie deverá considerar o número de táxons em cada amostra. A Diversidade específica (H') deverá ser estimada segundo o Índice de Shannon & Weaver (1963), a partir dos dados de densidade e expressa em bits. ind.^{-1} e de biovolume em bits. mm^{-3} .

Visando reduzir a dimensionalidade dos dados, identificar os gradientes espaciais e temporais e avaliar quais variáveis ambientais seriam intervenientes na estruturação das comunidades

planctônicas, deverá ser realizada a Análise de Correspondência Canônica - ACCo (Ter Braak, 1986).

Todas as informações geradas no monitoramento limnológico serão compiladas num banco de dados. O Banco de Dados armazenará e facilitará o acesso aos dados por pontos amostrais georreferenciados e variáveis limnológicas física, química e biológica.

4.10.7.4 - Modelagem Matemática

O modelo matemático deve incluir o eixo vertical do estirão principal do reservatório e bolsões laterais especialmente o especialmente o Bolsão Lateral de Mutum-Paraná (fases de enchimento e estabilização).

Deverá considerar, vazão, tempo de residência, eutrofização e estratificação, alteração do regime hídrico, fontes de poluição pontuais e difusas, processos biogeoquímicos, autodepuração, biomassa submersa, dentre outros aspectos relevantes para modelagem de ambientes aquáticos, indicando as possíveis compartimentalizações, servindo assim de ferramenta aplicável à gestão da qualidade da água.

4.10.7.5 - Interfaces

Por meio do banco de dados serão fornecidas informações limnológicas padronizadas para os Programas de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas, Conservação da Ictiofauna, Saúde Pública, Comunicação Social e Educação Ambiental.

Para avaliação dos processos hidrobiogeoquímicos, tais como precipitação, solubilização, adsorção, bioacumulação e biomagnificação de metais, são necessárias informações sobre variáveis físicas, químicas e biológicas do corpo d'água. Através do banco de dados limnológicos serão fornecidas informações sobre qualidade da água e biota aquática da área de influência do empreendimento. Serão feitas análises de correlação e análises preditivas, fundamentadas nos dados de temperatura da água, turbidez, cor, sólidos totais, dissolvidos, em suspensão, fixos e voláteis, oxigênio dissolvido, carbono orgânico total, gás carbônico livre e total, dureza, DBO, DQO, alcalinidade, pH, condutividade, fósforo total, orto-fosfato, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total Kjeldahl, silicato reativo, relacionados aos processos químicos de precipitação, solubilização e adsorção de metais. A partir das informações sobre a comunidade fitoplanctônica, zooplanctônica e bentônica serão analisados os processos de bioacumulação e

biomagnificação de metais nos diferentes elos da cadeia trófica, pelo Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico.

Para o estudo da dinâmica de macrófitas aquáticas são necessárias informações sobre variáveis físicas e químicas do corpo d'água. Através do banco de dados limnológicos serão fornecidas informações sobre a qualidade da água na área de influência do empreendimento. Serão feitas análises de correlação e análises preditivas, fundamentadas nos dados de temperatura da água, turbidez, cor, sólidos totais, dissolvidos, em suspensão, fixos e voláteis, oxigênio dissolvido, carbono orgânico total, gás carbônico livre e total, dureza, DBO, DQO, alcalinidade, pH, condutividade, fósforo total, orto-fosfato, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total Kjeldahl, silicato reativo, relacionados à ocorrência de macrófitas aquáticas e potencial de proliferação, pelo Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas.

Para manutenção de ovos e larvas e conservação da ictiofauna um conjunto de variáveis limnológicas deve estar adequado. Informações precisas sobre aspectos limnológicos são essenciais para o estudo da dinâmica da ictiofauna. Através do banco de dados limnológicos serão fornecidas informações sobre qualidade da água e biota aquática da área de influência do empreendimento. Serão feitas análises de correlação e análises preditivas, fundamentadas nos dados de temperatura da água, turbidez, cor, sólidos totais, dissolvidos, em suspensão, fixos e voláteis, oxigênio dissolvido, gás carbônico livre e total, dureza, DBO, DQO, alcalinidade, pH, condutividade, nitrogênio amoniacal, relacionados à manutenção de ovos e larvas e conservação da ictiofauna. A partir das informações sobre a comunidade fitoplanctônica, zooplanctônica e bentônica serão feitas possíveis análises sobre hábitos alimentares, pelo Programa de Monitoramento e Conservação da Ictiofauna.

Aspectos sobre qualidade da água no ecossistema aquático são de interesse a saúde pública, considerando usos de contato primário, como recreação e pesca, potencial de proliferação de vetores, e facilidade de tratamento para o abastecimento público. Através do banco de dados limnológicos serão fornecidas informações sobre a presença de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e cianobactérias, além das variáveis necessárias para adequação de sistemas de tratamento de água para abastecimento público, turbidez, sólidos totais, dureza, alcalinidade e pH. Baseado nos dados limnológicos, também serão avaliados os locais favoráveis a proliferação de vetores, pelo Programa de Saúde Pública.

Questões afetas a qualidade da água são de interesse público, principalmente por se tratar de um empreendimento que inevitavelmente irá alterar as condições do corpo d'água preexistente.

Por meios do Programa de Comunicação Social e do Programa de Educação Ambiental, informações relevantes sobre a qualidade da água na área de influência do empreendimento serão divulgadas por meio de cartazes, folhetos informativos ilustrados, palestras, aulas, dentre outros mecanismos de acesso a estudantes e comunidade local em geral.

4.10.8 - Indicadores

O acompanhamento das características limnológicas do rio Madeira e tributários será avaliada pelos relatórios parciais a serem apresentados após cada campanha de campo.

A evolução temporal e espacial será avaliada através de relatórios anuais durante todas as fases do empreendimento totalizando 12 relatórios anuais e após cada fase do empreendimento (fase rio, enchimento e operação) serão entregues os relatórios conclusivos.

Relatórios anuais referentes aos estudos do ciclo nictemeral das comunidades planctônicas serão disponibilizados.

O laboratório responsável pela realização dos ensaios emitirá laudos técnicos com os resultados de cada parâmetro e suas correlações com os limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/05, o IQA (índice de qualidade da água) e o IET (índice de estado trófico).

Após o enchimento do reservatório será disponibilizado o relatório referente a modelagem matemática do prognóstico da qualidade.

O programa disponibilizará um banco de dados organizado em planilhas eletrônicas, sendo atualizado imediatamente após a determinação das variáveis (abióticas e bióticas) de cada campanha, bem como os registros fotográficos das atividades desenvolvidas.

4.10.9 - Público-Alvo

O Programa de Monitoramento da Qualidade da Água pretende beneficiar:

- A população, como um todo, dos municípios envolvidos banhados pelo rio Madeira e tributários, no trecho cujas condições serão alteradas pelo AHE Jirau, através do monitoramento da qualidade da água.

- O IBAMA, ao qual serão encaminhados os resultados do programa, em forma de relatórios de acompanhamento, proporcionando assim, um enriquecimento das informações e, conseqüentemente, maior conhecimento sobre a realidade regional no tocante a este tema específico.
- Outras entidades que poderão se interessar pelos resultados do monitoramento, dentre os quais citam-se os órgãos estaduais responsáveis pela preservação do meio ambiente e instituições de pesquisa.

4.10.10 - Relatórios e Produtos

Relatórios parciais, em meio digital, serão apresentados após cada campanha de coleta. Os relatórios anuais, em meio digital e papel, deverão consolidar os dados obtidos ao longo de 4 campanhas, totalizando assim 12 relatórios anuais. Um relatório conclusivo deverá ser entregue após cada fase do empreendimento (fase rio, fase enchimento, fase operação). Um banco de dados será organizado em planilhas eletrônicas, sendo atualizado imediatamente após a determinação das variáveis (abióticas e bióticas) de cada campanha. Ademais, o banco de dados possibilitará análises espaciais e temporais imediatas, bem como a análise das correlações entre os dois conjuntos principais de variáveis (abióticas e bióticas).

4.10.11 - Cronograma

O cronograma deste programa é apresentado no **Anexo 1**.

4.10.12 - Interfaces com outros Programas

O Programa de Monitoramento Limnológico tem como interface com os Programas de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas, Conservação da Ictiofauna, Saúde Pública, Comunicação Social e Educação Ambiental, com as interações definidas na metodologia.

4.10.13 - Equipe Técnica para a Execução do Programa

- 1 Ecólogo especialista em limnologia com experiência comprovada na coordenação de atividades na área.

- 1 Químico especialista em química ambiental com experiência comprovada na coordenação de atividades na área.
- 1 Biólogo especialista em comunidades fitoplanctônica com experiência comprovada na coordenação de atividades na área.
- 1 Biólogo especialista em comunidades zooplanctônica com experiência comprovada na coordenação de atividades na área.
- 1 Biólogo especialista em comunidades zoobentônicas com experiência comprovada na coordenação de atividades na área.
- Técnicos especialistas em coletas de campo e logística.

4.10.14 - Referências Bibliográficas

AGOSTINHO, A.A., 1995. Considerações sobre a atuação do setor elétrico na preservação da fauna aquática e dos recursos pesqueiros. In: COMASE/ELETROBRÁS. Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro. Rio de Janeiro: COMASE/ELETROBRÁS, p. 8-19 (Caderno 4: estudos e levantamentos).

AGOSTINHO, A.A. & GOMES, L.C., 1997. Manejo e monitoramento de recursos pesqueiros: perspectivas para o reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A. & GOMES, L.C. (Eds.) Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM, p. 319364.

ABRAHAM, E. R., 1998. The generation of plankton patchiness by turbulent stirring. Nature, London, v. 391, p. 577-580.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewaters. 19th ed. Washington, DC, 1985. 1.134p.

APHA, 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. American Public Health Association, Washington.

AYRES, M., AYRES JR., M., AYRES, D.L. & SANTOS, A.S., 2000. BioEstat 2.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq. 272 p.

- BARBOSA, F.A.R., 1999. Qualidade da água nos reservatórios da CESP: propostas para um programa de monitoramento. In: I Workshop: Gestão Ambiental de Reservatórios Hidrelétricos. São Paulo: CESP, p. 25-30.
- BARBOSA, F.A.R., MAIA-BARBOSA, P., SANTOS, M.B.L., MINGOTTI, S., AQUINO, V., 1995. Nova ferramenta para o monitoramento da qualidade da água. *Ciência Hoje* v. 19, n. 110, p.16-17.
- BIANCHINI JR., I., 1994. A água como ambiente para manutenção da fauna aquática. In: COMASE/ELETOBRÁS. Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro. Rio de Janeiro: COMASE/ELETOBRÁS, p. 7-17 (Caderno 1: fundamentos).
- BICUDO, D.C. *et al.*, 1999. Escala de amostragem e variabilidade de fatores limnológicos em reservatório eutrofizado (Lago das Garças, São Paulo). In: HENRY, R. (Ed.) *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FAPESP/FUNDIBIO, p. 411-448.
- BINI, L.M., GOMES, L.C. & AGOSTINHO, A.A., 1997. Variações na abundância de peixes na pesca experimental do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A. & GOMES, L.C. (Ed.) *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Maringá: EDUEM, p. 213-241.
- BINI, L.M., 1999. Alguns problemas com a aplicação de índices de estado trófico em reservatórios. . In: I Workshop: Gestão Ambiental de Reservatórios Hidrelétricos. São Paulo: CESP, p. 31-43.
- BRANDIMARTE, A.L., ANAYA, M. & SHIMIZU, G.Y., 1999. Comunidades de invertebrados bentônicos nas fases pré e pós enchimento em reservatórios: um estudo de caso do reservatório de aproveitamento múltiplo do rio Mogi-Guaçu (SP). In: HENRY, R. (Ed.) *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FAPESP/FUNDIBIO, p. 375-408.
- BARBOSA, F. A. R.; PADISÀK, J., 2002. The forgotten lake stratification pattern: atelomix, and its ecological importance. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, Stuttgart, v. 28, p. 1385-1395.
- BICUDO, C. E. M. & MENEZES, M. 2006. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições*. São Carlos: RIMA.
- COLWELL, R. K. 2006. *Estimates 8.0 User's Guide*. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

CALIJURI, M. C. et al., 2002. Temporal changes in the phytoplankton community structure in tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, S. P. - Brazil). *Journal of Plankton Research*, Oxford, v. 24, n.7, p. 617-634.

DUFRÊNE, M., LEGENDRE, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67(3): 345-366.

DE FILIPPO, R. *et al.*, 1999. As alterações na qualidade da água durante o enchimento do reservatório de UHE Serra da Mesa-GO. In: HENRY, R. (Ed.) *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FAPESP/FUNDIBIO, p. 323-345.

EDLER, L., 1979. Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea, phytoplankton and chlorophyll. [Paris]: Unesco, 38 p. (Unesco, Working Group, 11, Baltic Marine Biologists).

ESTEVES, F. A., 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência.

ESTEVES, F.A., 1995. Lagoas costeiras de Macaé: a limnologia utilizada como instrumento de preservação dos ecossistemas aquáticos. *Ciência Hoje* v. 19, n. 110, p.75-77.

FONSECA-GESSNER, A.A. & GHERESCHI, R.M., 2000. Macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade da água de três córregos na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP, Brasil. In: SANTOS, J.E. & PIRES, J.S.R. (Eds.) *Estação Ecológica de Jataí. Volume 2*. São Carlos: RIMA, p. 707-720.

GARBER, R., 1995. Análises de séries temporais. In: PERES-NETO, P.R., VALENTIN, J.L. & FERNANDEZ, F.A.S. (Ed.) *Tópicos em tratamentos de dados biológicos*. Rio de Janeiro: UFRJ, p. 91-118 (*Oecologia Brasiliensis*, v. 2).

GOULDING, M., R. BARTHEM & E. FERREIRA. 2003. *The Smithsonian atlas of the Amazon*. Princeton Editorial Associate, Inc. Hong Kong. 253p. H. 1988. Factors controlling nutrient concentrations in Amazon floodplain lakes.

HENRY, R. & NOGUEIRA, M.G., 1999. A represa de Jurumirim (São Paulo): primeira síntese sobre o conhecimento limnológico e uma proposta preliminar de manejo ambiental. In: HENRY, R. (Ed.) *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FAPESP/FUNDIBIO, p. 653-685.

KIMMEL, B.L., LIND, O.T., PAULSON, L.J. 1990. Reservoir primary production. In: Thornton, K.W., Kimmel, B.L. & Payne, F.E. (Eds.) Reservoir limnology: ecological perspectives. New York: Wiley-Interscience Publ., p. 133-194.

LACERDA, L.D., MALM, O., 2008. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas, Estudos Avançados, 63, 173-190.

LAMPARELLI, M. C., 2004. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Doctoral Dissertation. São Paulo: Universidade de São Paulo. 235 p.

LEGENDRE, P. & LEGENGRE, L., 1998. Numerical ecology. Elsevier: Amsterdam.

MAGURRAN, A. E., 2004. Measuring biological diversity. Blackwell.

MANLY, B.F.J., 1994. The design and analysis of research studies. Cambridge: Cambridge University Press, 353 p.

OLIVEIRA, L.C.; SARGENTINI Jr., É.; ROSA, A.H.; ROCHA, J.C.; SIMÕES, M.L.; MARTIN NETO, L.; SILVA, W.T.L.; SERUDO, R.L. 2007. The influence of seasonality on the structural characteristics of aquatic humic substances extracted from Negro river (Amazon state) waters: interactions with Hg(II), Journal of the Brazilian Chemical Society, 18, 860-868.

OLIVEIRA, L.C.; SERUDO, R.L.; BOTERO, W.G.; MENDONÇA, A.G.R.; SANTOS, A.; ROCHA, J.C.; CARVALHO NETO, F.S. 2007. Distribuição de mercúrio em diferentes solos da Bacia do Médio Rio Negro-AM: influência da matéria orgânica no ciclo biogeoquímico do mercúrio. Química Nova, 30, 274-280.

ROCHA, J.C.; SARGENTINI JÚNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. 2000. Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - A possible process of the mercury cycle in Brazil, Talanta, 53, 551-559.

ROCHA, J.C.; SARGENTINI JÚNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. 2003. Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - Part II. Influence of structural features (molecular size, aromaticity, phenolic groups, organically bound sulfur), Talanta, 61, 699-707.

THOMAZ, S. M., ROBERTO, M.C., BINI, L.M., 1997. Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. (Eds.). Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM, p. 19-37.

THOMAZ, S.M., 1999. Considerações sobre monitoramento da qualidade da água em reservatórios. In: I Workshop: Gestão Ambiental de Reservatórios Hidrelétricos. São Paulo: CESP, p. 13-24.

THOMAZ, S.M. & BINI, L.M., 1999. Limnologia: enfoques e importância para o manejo de recursos hídricos. Cadernos da Biodiversidade v.2, n.1, p. 11-26.

THORNTON, K.W., 1990. Perspectives on reservoir limnology. In: THORNTON, K.W., KIMMEL, B.L. & PAYNE, F.E. (Eds.) Reservoir limnology: ecological perspectives. N. York: Wiley-Interscience Publ., p. 1-13.

TUNDISI, J.G., MATSUMARA-TUNDISI, T., CALIJURI, M.C., 1993. Limnology and management of reservoirs in Brazil. In: Straskraba, M., Tundisi, J.G. & Duncan, A. (eds.). Comparative reservoir limnology and water quality management. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 25-55.

TUNDISI, J.G. & STRASKRABA, M., 2000. Gerenciamento da qualidade da água de represas. São Carlos: ILEC; IEE, 280 p. (Diretrizes para o gerenciamento de lagos, v. 9).

WETZEL, R. G., LINKENS, G.E., 2000. Limnological analyses. New York: Springer-Verlag.

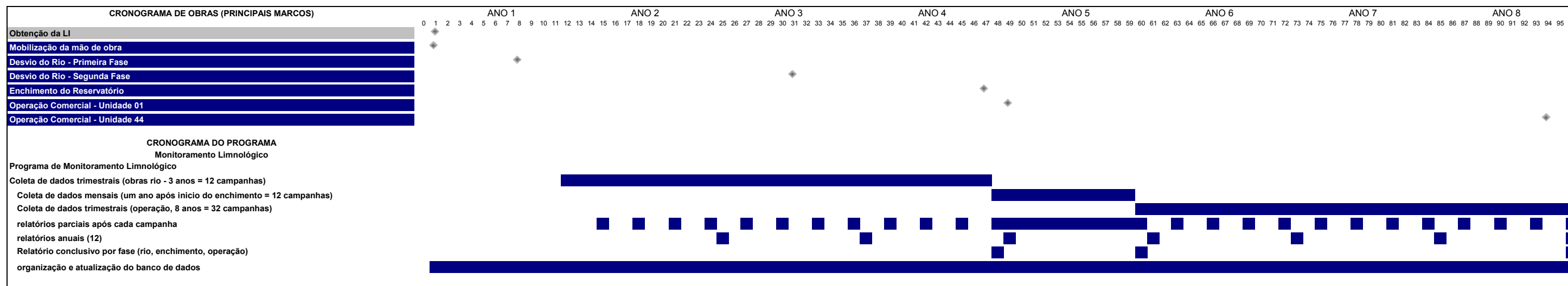
VALENTIN, J.L., 2000., Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro: Interciência, 117 p.

4.10.15 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa

Técnico	Formação	Registro em Conselho	Cadastro Técnico Federal (IBAMA)
Juliana Machado Couto Curti	Bióloga	CRBio 30921-4	CTF/IBAMA 518647
Luiz Fabrício Zara	Químico	CRQ 121005/22	CTB/IBAMA 485251

ANEXOS

ANEXO 1 - CRONOGRAMA



ÍNDICE

1 - Elementos-Traço.....	1/14
1.1 - Apresentação.....	1/14
1.2 - Introdução.....	1/14
1.3 - Justificativa.....	2/14
1.4 - Objetivos.....	3/14
1.4.1 - Geral.....	3/14
1.4.2 - Específicos.....	3/14
1.4.3 - Metas/Resultados Esperados.....	4/14
1.5 - Base Legal.....	4/14
1.6 - Âmbito de Aplicação.....	5/14
1.7 - Materiais e Métodos.....	5/14
1.7.1 - Desenho Amostral.....	5/14
1.7.2 - Georeferenciamento das Estações de Coleta.....	5/14
1.8 - Parâmetros Físicos e Químicos.....	7/14
1.8.1 - Amostras Abióticas.....	7/14
1.8.1.1 - Água.....	7/14
1.8.1.2 - Sedimentos.....	7/14
1.8.2 - Amostras Bióticas.....	8/14
1.8.2.1 - Peixes.....	8/14
1.9 - Análise dos Dados.....	9/14
1.10 - Métodos de Verificação/Indicadores.....	9/14
1.11 - Público Alvo.....	10/14
1.12 - Relatórios/Produtos.....	10/14

1.13 - Interface com Outros Programas	12/14
1.14 - Equipe Técnica para a Execução.....	12/14
1.15 - Referências Bibliográficas.....	12/14
1.16 - Equipe Técnica Responsável pela Elaboração do Programa.....	14/14

1 - ELEMENTOS-TRAÇO

1.1 - APRESENTAÇÃO

O plano de monitoramento ambiental dos elementos traço arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) visa a complementar o Programa de Monitoramento Limnológico, atendendo às condicionantes da Licença Prévia nº 251/2008 relativa aos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau no rio Madeira, em consonância com o Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto do Meio Ambiente (EIA-RIMA).

1.2 - INTRODUÇÃO

O termo elemento traço normalmente é utilizado para se definir metais catiônicos e aniônicos que podem estar presentes em baixas concentrações no ambiente. A dispersão destes elementos no ambiente pode ocorrer na forma de íons livres ou íons complexos em solução, adsorvidos ou coprecipitados em sólidos finos (óxidos hidratados, argilominerais, matéria orgânica) ou em colóides. Os elementos com baixo potencial iônico como o Cu, Pb, Zn, Cd e Ag são solúveis como simples cátions, sendo que as diferenças nos estados de oxidação resultam em mobilidades distintas (Lemes *et al*, 2003). Os principais processos naturais que contribuem para o aporte dos elementos traço no sistema aquático são o intemperismo de rochas e a lixiviação de elementos no perfil do solo (Mortatti & Probst, 1998). Contudo, a concentração desses elementos no ambiente são consequência da geoquímica das rochas e dos solos de origem das bacias hidrográficas. Nos sistemas aquáticos os elementos traços estão distribuídos na fração não dissolvida (adsorvida à superfície de partículas sólidas em suspensão) e na fração dissolvidas na forma de complexos. Uma vez adsorvido ao material particulado, o elemento traço pode precipitar ou sedimentar no fundo do corpo d'água (Baird, 2002).

Do ponto de vista biológico, alguns elementos traço são considerados essenciais, porém podem sob condições específicas, causar impactos negativos aos ecossistemas aquáticos e terrestres, sendo assim, elementos contaminantes. O micronutriente selênio apresenta essencialidade e considerável toxicidade para um grande número de organismos, portanto: (a) a nível de traço apresenta essencialidade ao crescimento e desenvolvimento normal do organismo; (b) níveis moderados pode ser armazenado e mantém as funções homeostáticas e (c) elevados níveis causam efeitos tóxicos (Hamilton, 2004). Dentre os elementos essenciais, o selênio apresenta

considerável toxicidade devido ao fato da pequena diferença entre a concentração essencial e a tóxica (Chapman, 1999).

A formação de lagos artificiais podem alterar a disponibilização de elementos traço de suas fontes naturais (rochas e solos) principalmente para o meio ambiente aquático e conseqüentemente para o homem através da dieta alimentar. Níveis elevados de elementos traço, por exemplo selênio, podem inicialmente causar anormalidades reprodutoras, anemia e retardamento do crescimento, redução da sobrevivência de embriões e finalmente conduzir ao declínio de populações de peixes (Eisler, 1985).

1.3 - JUSTIFICATIVA

Dentre os poluentes, os elementos traço representam um grupo especial, pois não são degradados química ou biologicamente permanecendo por longo período no ambiente aquático, sendo que em concentrações elevadas causa a mortalidade de peixes e seres fotossintetizantes, podendo atingir ao homem via cadeia alimentar causando diversas doenças.

A principal via de intoxicação de seres humanos por poluentes orgânicos e inorgânicos está associada aos sistemas aquáticos, sendo comum através do consumo de itens de pescado contaminados (Mackay, 1991). Os riscos a saúde associada à ingestão de pescado contaminado é de 20 a 40 vezes mais elevados quando comparado a ingestão de água contaminada (Foran, 1990). Este fato está associado aos organismos aquáticos serem capazes de bioacumular os elementos traço em várias vezes as concentrações observadas no meio ambiente (Wren *et al.*, 1983). As concentrações dos elementos traço em um dado organismo não podem ser consideradas como um valor constante, mas sim como um fator sujeito às influências das variações bióticas (endogênicas e exogênicas) e abióticas do meio ambiente (Doria *et al.*, 1998).

O pescado é considerado um alimento de grande valor nutricional, principalmente pelo seu rico valor protéico e seu elevado nível de micronutrientes, sendo seu consumo um hábito diário em muitas comunidades. Vários fatores influenciam o grau de exposição dos indivíduos a um poluente destacando a freqüência da ingestão de pescado, preferência por determinadas espécies, tamanho dos espécimes e o nível trófico (Phillips *et al.*, 1980 e Mollerke, 2003).

O monitoramento dos elementos traços nos compartimentos abióticos e biótico do futuro reservatório da UHE Jirau possibilitará avaliar as possíveis alterações na distribuição destes elementos que poderão sofrer alterações pela mudança das características físico-químicas do rio Madeira causadas pela implantação do barramento. As informações referentes aos níveis de

elementos traço complementar os Programa de Monitoramento Limnológico permitindo que sejam elaborados prognósticos da qualidade da água mediante as ações implementadas e quantificados os impactos com os meios físico, biótico e social, permitindo assim redimensionar recursos e esforços com vistas à minimização dos impactos negativos e potencialização dos impactos positivos.

1.4 - OBJETIVOS

1.4.1 - Geral

O plano de monitoramento ambiental dos elementos traço arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) tem como objetivo geral complementar o programa de monitoramento limnológico visando prognosticar e mensurar as possíveis modificações na distribuição destes elementos advindas das transformações do ambiente, decorrentes da implantação e operação do empreendimento.

1.4.2 - Específicos

- Quantificar os teores dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn na coluna d'água do rio Madeira e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação e enchimento/operação do reservatório;
- Quantificar os teores dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn no sedimento de fundo do rio Madeira e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação e enchimento/operação do reservatório;
- Quantificar os teores dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn na ictiofauna utilizada na dieta das populações próximas ao rio Madeira e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação e enchimento/operação do reservatório;
- Utilizar métodos estatísticos univariados, multivariados e geoestatísticos como ferramenta para o monitoramento dos teores dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn visando sua capacidade preditiva.

1.4.3 - Metas/Resultados Esperados

O monitoramento ambiental dos elementos traço possibilitará obter informações sobre o comportamento espacial e temporal dos elementos As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn, bem como a investigação dos mecanismos de bioacumulação pela biota na bacia do rio Madeira e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento. Possibilitará a complementação dos estudos realizados no EIA-RIMA contemplando as condicionantes da Licença Prévia 251/2008 relativa aos aproveitamentos hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau no rio Madeira

Nesta fase do estudo espera-se acompanhar, obedecendo a sazonalidade regional, a evolução do comportamento dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn nas áreas potencialmente críticas durante as fases dos empreendimentos hidrelétricos no rio Madeira.

1.5 - BASE LEGAL

Este plano de monitoramento ambiental dos elementos traço será norteado por determinações da Legislação Brasileira (Portarias, Resoluções, Decretos, Instruções Normativas), descritas a seguir:

- Portaria nº. 685 da Agência Nacional de Vigilância Ambiental de 27 de agosto de 1998, republicada no Diário Oficial da União de 24.09.1998, estabelece níveis de máximos de contaminantes químicos em alimentos;
- Portaria no. 518 do Ministério da Saúde de 25 de março de 2004, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências
- Resolução nº. 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente de 17 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento e também estabelece níveis máximos dos elementos químicos nas diferentes classes de uso dos cursos d'águas;
- Instrução Normativa nº. 154 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis de 01 de Março de 2007. Instituiu o Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - Sisbio, para fixar normas sobre a realização de coleta de amostras biológicas, com finalidade científica ou didática no território nacional, na plataforma continental, no mar territorial e na zona econômica exclusiva.

1.6 - ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O plano de monitoramento ambiental dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn será desenvolvido no eixo do rio Madeira e nos principais tributários, passíveis de sofrerem influência direta e indireta do barramento nos períodos de cheia, seca, vazante e enchente, distribuídas de acordo com o ciclo hidrológico anual do Rio Madeira. A malha amostral contempla pontos no rio Abunã, eixo do rio Madeira, rio Mutum Paraná e bolsão Lateral do Mutum (Quadro 01).

1.7 - MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia a ser utilizada terá uma abordagem interdisciplinar de modo a integrar o conhecimento do sistema ambiental e suas inter-relações com a saúde humana, possibilitando a elaboração de indicadores de vigilância de saúde ambiental, que possam subsidiar ações de caráter preventivo e respaldar tecnicamente ações a médio e longo prazo.

1.7.1 - Desenho Amostral

O desenho amostral do programa de monitoramento ambiental dos elementos traço na área de influência do empreendimento compreende primeiramente as áreas indicadas no EIA-RIMA como áreas com potencial críticas. Os pontos de amostragem estão apresentados de forma detalhada no quadro 01.

1.7.2 - Georeferenciamento das Estações de Coleta

Os pontos de amostragem serão georeferenciados 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:

- Sistemas de Coordenadas Geográficas: com segundos expressos até três casas decimais;
- Datum: Datum Horizontal oficial adotado pelo IBGE: SAD 69 (South América Datum 1969).

Quadro 1-1 - Pontos de amostragem com as coordenadas geográficas e descrição simplificada.

Pontos de amostragem	Longitude (W)	Latitude (S)	Descrição
1 - Rio Abunã (ABU)	65° 26' 26"	09 °41' 11"	Ponto situado no rio Abunã próximo a foz com o rio Madeira
2 - Rio Madeira (MAD 30)	65° 07' 33"	09° 36' 01"	Ponto situado no igarapé Castanho próximo a foz com o rio Madeira
3 - Rio Mutum Paraná (MTP 1)	64° 55' 17.5"	09° 36' 21.7"	Ponto situado no rio Mutum Paraná próximo a foz com o rio Madeira.
4 - Bolsão Lateral do Mutum (MTP 2)	64° 56' 31.7"	09° 36' 59.4"	Ponto situado no bolsão de inundação no rio Mutum Paraná.
5 - Bolsão Lateral do Mutum (MTP 3)	64° 57' 07.9"	09° 37' 09.4"	Ponto situado no bolsão de inundação no rio Mutum Paraná.
6 - Rio Madeira (MAD 40)	64° 53' 26"	09° 34' 20"	Ponto situado no eixo do rio Madeira a jusante do rio Mutum Paraná
7 - Rio Madeira (MAD 50)	64° 43' 36"	09° 16' 21"	Ponto situado no igarapé do Jirau situado próximo a foz com o rio Madeira.

As estações de monitoramento no eixo do rio Madeira, segue a nomenclatura de referência pelo EIA/RIMA sendo os pontos MAD 30, MAD 40 e MAD 50

1.8 - PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Nos pontos de coleta selecionados para o monitoramento de mercúrio serão medidos “*in loco*” os parâmetros físico-químicos pH, condutividade elétrica, potencial redox, oxigênio dissolvido, temperatura, transparência, turbidez e profundidade.

O programa de monitoramento ambiental dos elementos traço na área de influência do empreendimento será desenvolvido ao longo de 03 anos de monitoramento. As coletas trimestrais são importantes para quantificar a influência do ciclo hidrológico sobre a dinâmica do elementos traço no ambiente. Portanto, as coletas deverão ocorrer durante as fases de enchente, cheia, vazante e seca, as quais ocorrem geralmente nos meses de janeiro, abril, junho e outubro, respectivamente. As datas exatas das campanhas poderão sofrer ajustes, dependendo do regime de chuvas e do nível hidrológico do rio Madeira.

1.8.1 - Amostras Abióticas

1.8.1.1 - Água

As concentrações dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn na coluna d’água serão monitoradas em 4 períodos ao longo do ano, procurando identificar possíveis fontes de elementos traço.

As amostras de águas serão coletadas em garrafas de teflon e preservadas com ácido nítrico (HNO_3 65% ultra-puro, Merck), mantendo o pH da amostra abaixo de 2,0. Os teores dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn serão quantificados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES) e espectroscopia de absorção atômica a complado a geração de hidreto (HG AAS).

1.8.1.2 - Sedimentos

As amostras de sedimentos de fundo serão coletadas trimestrais antes e durante o enchimento do reservatório contemplando as fases de cheia, seca, vazante e enchente. As amostras serão coletas utilizando coletor pontual de sedimento em aço-inóx - draga de Eckman, permitindo a coleta da camada mais reativa do sedimento (5 cm de profundidade).

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. 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.

As amostras de sedimentos serão peneiradas na fração >200 mesh (<74 µm), secas em estufa de circulação de forçada, homogeneizadas, digeridas em maio ácido e os teores dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn determinados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES) e espectroscopia de absorção atômica acomplado a geração de hidreto (HG AAS).

1.8.2 - Amostras Bióticas

1.8.2.1 - Peixes

O monitoramento dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn será feito em peixes bioindicadores sendo utilizadas as espécies chaves para o biomonitoramento como *Cichla monoculus* e *Hoplias malabaricus*. Quanto às espécies de importância econômica, estas poderão ser adquiridas diretamente de pescadores e nos Mercados de peixe, sendo o dourado, filhote, jatuarana, surubim, pirapitinga, tucunaré, jaraqui, aracu, curimatã e pacu. Entre as espécies consideradas estão incluídas as espécies consumidas pela população local por isto estas serão coletadas diretamente nas comunidades ribeirinhas.

Os peixes serão amostrados semestralmente 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 fazendo uso de chaves de identificação será realizada determinação em nível de espécie e, em seguida serão fotografados. As amostras de fígado de peixe serão liofilizada, digeridas e os teores dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn determinados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES) e espectroscopia de absorção atômica acomplado a geração de hidreto (HG AAS).

1.9 - Análise dos Dados

O sistema proposto será na plataforma do ArcGis (Esri), onde serão tabuladas as informações georreferenciadas do monitoramento desenvolvido na área de influência do empreendimento. Os dados tabulados no SIG permitem inúmeras vantagens no manuseio de dados, e acesso via internet, facilitando a interação entre os pesquisadores. A partir do banco de dados serão possíveis aplicações de técnicas de modelagem em análise espacial geoestatística e de estatísticas multivariadas que são ferramentas importantes na quantificação e interpretação dos dados multivariados. Inicialmente os dados obtidos e os métodos utilizados serão analisados por testes univariantes para a determinação de possíveis diferenças quando existirem e ainda testar se as observações e métodos pertencem à mesma população. Para tal, serão realizados testes de médias e variâncias para se fazer inferências sobre os dados coletados bem como dos testes utilizados. As 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.

Os dados obtidos serão analisados através de estatística multivariada na obtenção de ordenação, classificação, correspondência e discriminação de variáveis e fatores ambientais e de saúde e ainda efeitos e causas múltiplas. A validação destas técnicas e seu uso em ecologia foram feitos por Gauch (1986) e Ludwig & Reynolds (1988) e posteriormente por Wold *et al.* (1987), Odden & Kvalheim, (2000) e Wang & Du (2000). As aplicações são numerosas, e de uma forma geral estas técnicas multivariadas serão aplicadas de acordo com as necessidades e as hipóteses como, por exemplo, a análise de regressões múltiplas para a determinação das ações de causa e efeito entre as variáveis; a análise fatorial das componentes principais aplicadas para a ordenação e exploração dos dados, a análise de correspondência para averiguar as correspondências entre as variáveis e os casos especificamente com dados de saúde e análise de correlação canônica para inferências sobre a correlação múltipla entre os meios físicos e biológicos. A aplicação dos métodos multivariados possibilita inferir com maior confiabilidade estatística os resultados obtidos.

1.10 - MÉTODOS DE VERIFICAÇÃO/INDICADORES

Métodos quantitativos e qualitativos serão estabelecidos para a avaliação dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn durante as fases de execução do plano de monitoramento limnológico. Os dados coletados organizados em Banco de Dados espaciais georeferenciados serão tratados de

maneira sistêmica permitindo combinar as técnicas de geoprocessamento com utilização de sensoriamento remoto e técnicas de análise multivariada para monitoramento da área de influência do empreendimento. O acompanhamento do plano de monitoramento de elementos traço será avaliado por 12 relatórios parciais a serem apresentados após cada campanha de campo. A evolução temporal e espacial será avaliada através de relatórios anuais durante as todas as fases do empreendimento totalizando 03 relatórios anuais e após cada fase do empreendimento (fase rio e enchimento/operação) os relatórios conclusivos.

1.11 - PÚBLICO ALVO

O programa de monitoramento dos elementos traço tem como público alvo direto as comunidades ribeirinhas da bacia do rio Madeira dando suporte a saúde da região no conhecimento dos efeitos dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Ni, Se e Zn sobre os seres humanos. O programa de monitoramento pretende beneficiar o IBAMA, ao qual serão encaminhados os resultados do programa, em forma de relatórios de acompanhamento, proporcionando assim, um enriquecimento das informações e, conseqüentemente, maior conhecimento sobre a realidade regional no tocante a este tema específico.

1.12 - RELATÓRIOS/PRODUTOS

Relatórios parciais, em meio digital, serão apresentados após cada campanha de coleta, originando 12 relatórios parciais. Os relatórios anuais, em meio digital e impressos, deverão consolidar os dados obtidos ao longo de 4 campanhas, totalizando assim 03 relatórios anuais. Um relatório conclusivo deverá ser entregue após cada fase do empreendimento (fase rio e fase enchimento/fase operação). Um banco de dados será organizado em planilhas eletrônicas, sendo atualizado imediatamente após a determinação das variáveis (abióticas e bióticas) de cada campanha. Ademais, o banco de dados possibilitará análises espaciais e temporais imediatas, bem como a análise das correlações entre os dois conjuntos principais de variáveis (abióticas e bióticas).

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Quadro 1-2 - Cronograma de execução das atividades do plano de monitoramento dos elementos traço na área de influência do empreendimento do AHE JIRAU.

ATIVIDADES	ANO 1												ANO 2												ANO 3												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Caracterização ambiental	X												X												X												
Análises fíco-químicas	X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			
Amostragem Abiótica																																					
Água	X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			
Sedimento	X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			
Amostragem Bióticas																																					
Peixe	X						X						X						X						X						X						
Análises laboratoriais		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Análise dos dados			X	X		X	X		X	X		X			X	X		X	X		X	X		X			X	X		X	X		X	X		X	
Relatório parcial			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X			X	
Relatório anual												X												X												X	
Relatórios conclusivos												X												X												X	

1.13 - INTERFACE COM OUTROS PROGRAMAS

A análise técnicas dos resultados ambientais do programa de monitoramento dos elementos traço será de forma sistêmica englobando dados do Programa de Hidrobiogeoquímica do Mercúrio, Limnologia, Ictiofauna, Etnomofauna, Mamíferos Aquáticos, Macrófitas Aquáticas, Programa de Controle do Desmatamento, Programa de Comunicação Social e Programa de Saúde Pública. Os dados obtidos nos planos de compensação social fornecerão subsídios para o monitoramento das populações que vivem na área do empreendimento.

1.14 - Equipe Técnica para a Execução

- Especialista em estudos de metais na região Amazônica;
- Especialista em quantificação de metais por espectroscopia atômica;
- Estatístico;
- Biólogos Formados e em formação;
- Químicos Formados e em formação;
- Técnico de Laboratório;

1.15 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIRD, C. 2002. *Química ambiental*. Ed. Bookman, 2. ed. Porto Alegre.

CHAPMAN, P.M. Selenium - A potential time bomb or just another contaminant? **Human and Ecological Risk Assessment** 1999, 5, 1123.

DOREA, J. G.; Moreira, M. B.; Barbosa, A. A. C.; Selenium and mercury concentrations in some fish species of the Madeira River, Amazon Basin, Brazil **Biol. Trace Elem. Res.** 1998, 65, 211.

EISLER, R. 1985. Selenium hazards to fish, wildlife and invertebrates: a synoptic review. U.S. **Fish and Wildlife Service Biological Report** 1985, 85, 57.

FORAN, J.A. Toxic substances in surface waters. **Environm. Sci. Technol.** 1990, 24, 604.

GAUCH, H. G. JR. 1986. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge University Press.

HAMILTON, S.J. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. **Sci. Total Environ.** 2004, 326, 01.

LEMES, M.J.L.; FILHO, P.M.F. & PIRES, M.A. F. Influência da Mineralogia dos Sedimentos das Bacias Hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo na Composição Química das Águas de Abastecimento Público. **Química Nova.** 2003, 26, 23.

LUDWING, J. A. & Reynolds, J. F. 1988 **Statistical Ecology: A primer on methods and computing** Wiley Interscience Publication.

MACKAY, D. & CLARK, K.E. (1991) **Predicting the environmental partitioning of organic contaminants and their transfer to biota**. In: Jones, K.C. (ed) **Organic Contaminants in the Environment**. Environm. Managem. Series, Elsevier Science Pub, New York.

MÖLERKE, R.O. Total Arsenic levels as a bioindicator in the evaluation of fish quality (*Leporinus obtusidens* and *Pimelodus maculatus*) from the Guaíba Lake, Porto Alegre, Rio Grande do Sul State, Brazil. **Revista Inst. Adolfo Lutz** 2003, 62, 117.

MORTATTI, J. & PROBST, J.L. **Hidrogeoquímica de bacias de drenagem**, Editoração CPG/CENA, Série Didática, 1998, 1, 235.

ODDEN, W. & Kvalheim, O.M. Application of multivariate modelling to detect hydrocarbon components for optimal discrimination between two source rock types **Applied Geochemistry** 2000, 15, 611.


PHILLIPS, G. R.; LENHART, T. E. & GREGORY, R. W. Relation between trophic position and Mercury accumulation among fishes from the Tongue River reservoir, Montana. **Environmental Research** 1980, 22, 73.

WANG, F. K. and Du, T. C. T. Using principal component analysis in process performance for multivariate data **International Journal of Management Science** 2000, 28, 185.

WOLD, S. Esbensen, K.; Geladi, P., 1987. Principal component analysis. In: Kvalheim, O.M. (Ed.), **Proceedings of the Multivariate Statistical Workshop for Geologists and Geochemists** 1986, 2, 37.

WREN, C. D.; Macrimmon, H. R. Examination of bioaccumulation and biomagnification of metals in a precambrian shield lake **Water Air Soil Pollut.** 1983, 19, 27791.

1.16 - EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROGRAMA

Técnico	Formação	Registro em Conselho	Cadastro Técnico Federal (IBAMA)	Assinatura
Luiz Fabrício Zara	Químico	VII - 121005/22	485251	 Dr. Luiz Fabrício Zara