

## ÍNDICE

6.4.9 -	Programa de Monitoramento Limnológico .....	1/31
6.4.9.1 -	Justificativas.....	1/31
6.4.9.2 -	Objetivos .....	3/31
6.4.9.2.1 -	Objetivo Geral .....	3/31
6.4.9.2.2 -	Objetivos Específicos .....	3/31
6.4.9.3 -	Metas.....	4/31
6.4.9.4 -	Indicadores.....	5/31
6.4.9.5 -	Público Alvo.....	6/31
6.4.9.6 -	Metodologia .....	6/31
6.4.9.6.1 -	Plano amostral .....	6/31
6.4.9.6.2 -	Variáveis limnológicas .....	9/31
6.4.9.6.3 -	Coleta e Preservação das Amostras .....	9/31
6.4.9.6.4 -	Análises das amostras.....	11/31
6.4.9.6.5 -	Sedimento .....	14/31
6.4.9.6.6 -	Fitoplâncton.....	14/31
6.4.9.6.7 -	Zooplâncton .....	17/31
6.4.9.6.8 -	Invertebrados bentônicos .....	17/31
6.4.9.6.9 -	Análises dos dados .....	18/31
6.4.9.6.10 -	Análises Biológicas .....	20/31
6.4.9.6.11 -	Análise estatística .....	21/31
6.4.9.7 -	Cronograma .....	23/31
6.4.9.8 -	Responsáveis pela Elaboração do Programa .....	25/31
6.4.9.9 -	Equipe de Implementação .....	25/31
6.4.9.10 -	Instituições Envolvidas .....	26/31
6.4.9.11 -	Inter-relação com outros Planos e Programas .....	26/31
6.4.9.12 -	Requisitos Legais.....	26/31
6.4.9.13 -	Referências Bibliográficas .....	27/31

ANEXO

Anexo 6.4.9-1 - 2426-00-PBA-DE-2003-00 - Mapa de Localização das Estações de Monitoramento Limnológico

## 6.4.9 - Programa de Monitoramento Limnológico

### 6.4.9.1 - Justificativas

O Programa de Monitoramento Limnológico atende às condicionantes específicas 2.1 e 2.7 da LP nº 337/2009, IBAMA, que estabelecem: “Detalhar todos os Planos, Programas, Subprogramas e Medidas Mitigadoras e de Controle consignados no Estudo de Impacto Ambiental e nos demais documentos técnicos, incluindo necessariamente a metodologia, o responsável técnico e o cronograma físico de implantação”; e “Apresentar separadamente os Programas de Monitoramento da Qualidade da Água e de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas.”

A UHE Santo Antônio do Jari será construída no rio Jari, a cerca de 150 km a montante da confluência com o rio Amazonas, na região entre os municípios de Laranjal do Jari (Amapá) e Almeirim (Pará). Para Margalef (1983) a composição química da água depende, além das características dos ecossistemas terrestres, do seu grau de conservação e das atividades humanas exercidas em diferentes segmentos do sistema, como por exemplo, construção de represas, que influenciam a qualidade da mesma.

A mitigação dos potenciais impactos causados pela construção da UHE Santo Antônio do Jari em relação à qualidade da água deve considerar, primeiramente, alguns aspectos do empreendimento e da região que podem ser resumidos pelo prognóstico traçado na caracterização ambiental.

Os efeitos esperados para a Qualidade da Água, em decorrência da implantação da barragem da UHE Santo Antônio do Jari, podem ser considerados bastante reduzidos em função das características operativas da usina, tais como:

- Projeto de aproveitamento hidrelétrico em regime de fio de água;
- Baixo tempo de residência (36,4 horas);
- Sistema de Adução de Fundo;
- Barramento de pequena altura.

Tais condições, além de permitir a preservação da cachoeira de Santo Antônio, bem como parte das corredeiras e quedas de água localizadas a jusante do eixo da barragem, não permitirão a criação de um reservatório de acumulação, reduzindo os efeitos de cumulatividade temporal nos aspectos físicos, químicos e biológicos da água.

Localizado em áreas onde a densidade demográfica é baixíssima, o rio Jari não apresenta aspectos que determinem alterações muito significativas na qualidade da água, como ocupações urbanas ou atividades agropecuárias, somente as influências de clima, geologia, geomorfologia e cobertura vegetal na região. Na medida em que a região não apresenta áreas antropizadas, além da cachoeira de Itapeuara, imediatamente à montante do trecho barrado, as únicas ocupações humanas são representadas pela vila de Iratapuru e a presença de núcleos de garimpo clandestinos ao longo do rio Jari e seus afluentes em regiões isoladas e de difícil acesso.

Desta forma, os principais impactos potenciais associados à implantação do empreendimento, identificados no Estudo de Impacto Ambiental do empreendimento estão diretamente associados à possibilidade de alteração da qualidade da água em função da implantação das estruturas da barragem e das estruturas de desvio do rio, à formação do reservatório e alterações na vazão natural do rio.

As principais ações foram direcionadas para o monitoramento contínuo dos aspectos físicos, químicos e biológicos dos ecossistemas aquáticos, tais como:

O monitoramento contínuo e integrado do reservatório, através de métodos de avaliação pertinentes e representativos, de forma a detectar eficientemente impactos que possam estar contribuindo para a degradação ambiental e da biota na área onde está inserido o empreendimento.

Elaboração de um prognóstico confiável embasado em dados primários obtidos *in situ*, fornecendo dados ambientais pertinentes para um plano de manejo consistente, exequível e equilibrado econômica e ambientalmente.

A integração da tecnologia utilizada nas diversas etapas (metodologia de coleta, análise e interpretação dos resultados) do monitoramento permitirá a obtenção de um conjunto de informações ecológicas, fundamental ao controle ambiental da área em longo prazo.

## 6.4.9.2 - Objetivos

### 6.4.9.2.1 - Objetivo Geral

O Programa de Monitoramento Limnológico tem como objetivo geral 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.

### 6.4.9.2.2 - Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do Programa são:

Identificar as alterações limnológicas no rio Jari e seus principais tributários, na área de influência do empreendimento, entre os trechos de montante e jusante da UHE Santo Antônio do Jari, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório (gradiente espacial e temporal);

Avaliar a ocorrência de gradientes espaciais e temporais das variáveis limnológicas, ao longo do rio Jari 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 físicas e químicas, na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório;

Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade da água diagnosticada 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 de Macrófitas Aquáticas e da Ictiofauna.

### 6.4.9.3 - Metas

Para o alcance dos objetivos do Programa deverão ser executadas as seguintes metas:

- Realizar análises de doze (12) variáveis físicas, quinze (15) químicas e sete (07) biológicas em nove (09) estações amostrais no rio Jari, duas (02) no rio Iratapuru, uma (01) no rio Piunquara, uma (01) no rio Traíra e uma (01) no rio Pacanari, em todas as campanhas de campo executadas durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório;
- Realizar campanhas de campo trimestrais, durante a execução das obras (fase rio), contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca;
- Realizar campanhas de campo bimestrais, durante um ano após início do enchimento do reservatório (fase enchimento/início da estabilização);
- Realizar campanhas de campo trimestrais, durante o segundo e terceiro anos de operação (fase reservatório), 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, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, potencial redox e turbidez da coluna d'água, a cada 10 cm de profundidade no ponto de amostragem próximo ao eixo da barragem, durante todas as fases do empreendimento nos períodos de enchente, cheia, vazante e 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 para sistematizar as informações limnológicas decorrentes das campanhas de campo;
- 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 as alterações da qualidade da água, decorrentes do empreendimento, de interesse público, relevantes a comunicação social e educação ambiental;
- Fornecer subsídios limnológicos fundamentais para avaliação de processos do ecossistema aquático e manejo da qualidade da água do reservatório.

#### 6.4.9.4 - Indicadores

O acompanhamento das características limnológicas do rio Jari 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 e após cada fase do empreendimento (fase rio, enchimento e operação) serão entregues os relatórios conclusivos.

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).

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.

#### 6.4.9.5 - Público Alvo

O Programa de Monitoramento da Qualidade da Água pretende beneficiar:

A população, como um todo, dos municípios envolvidos banhados pelo rio Jari e tributários, no trecho cujas condições serão alteradas pela UHE Santo Antônio do Jari, 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 os órgãos estaduais responsáveis pela preservação do meio ambiente e instituições de pesquisa.

#### 6.4.9.6 - Metodologia

##### 6.4.9.6.1 - Plano amostral

Para execução deste Programa serão monitoradas 14 estações, durante as fases de implantação, enchimento e operação do reservatório, distribuídas ao longo da área de influência da UHE Santo Antônio do Jari, em trecho coincidentes com os Programas de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas e da Ictiofauna (Quadro 6.4.9-1). O posicionamento das estações da malha amostral considera o sentido da corrente do rio Jari e está de acordo com o objetivo proposto. A seleção das estações de coleta de dados limnológicos foi baseada no EIA/RIMA e vistoria em campo, estando distribuídas da seguinte forma (Quadro 6.4.9-2 e Anexo 6.4.9-1):

- Nove (09) estações de monitoramento no rio Jari, sendo cinco (05) localizadas a montante do eixo e quatro (04) a jusante;
- Quatro (04) estações de monitoramento em tributários a montante do futuro eixo da barragem, sendo duas (02) no rio Iratapuru, uma a montante da vila de Iratapuru e outra a jusante da vila, uma (01) no rio Piunquara e uma (01) no rio Traíra;
- Uma (01) estação de monitoramento em tributários a jusante do futuro eixo da barragem, no rio Pacanari.



Quadro 6.4.9-1 - Trechos de monitoramento limnológico, macrófitas aquáticas e icetiofauna

Trecho	Descrição	Quilometragem Aproximada de Margens
A	Entre as localidades de Monte Dourado/ Laranjal do Jari e o final do Trecho de Vazão Reduzida	Área de influência indireta 50 km
B	Região a montante da cachoeira de Santo Antônio até as corredeiras de Itapeoara, área prevista do reservatório da UHE Santo Antônio.	Área de Influência Direta 55 km
C	Entre as corredeiras de Itapeoara e de Itacarará, a montante do reservatório da UHE Santo Antônio.	Área de Influência Indireta 20 km
D	Trecho do rio Iratapuru até a localidade de pau-cortado.	Área de Influência Indireta 24 km
E	Igarapé Caju e trecho do rio Pacanari, ambos a jusante da cachoeira de Santa Antônio	Área de Influência Indireta 7 km
F	Trecho de Vazão Reduzida	Área de Influência Direta 4 km

Quadro 6.4.9-2 - Localização das estações de monitoramento limnológico e coordenadas geográficas

Estação	Localização	Coordenadas (Datum SAD-69 - zona 23)		Trecho	
		S	W		
Rio Jari	JAR1	Acima da área de influência do remanso e próximo à cachoeira de Itapeuara.	0° 31'37.03"S	52° 40'43.47"O	C
	JAR2	Entre as seções P13 e P11;	0° 35'43.45"S	52° 38'10.38"O	B
	JAR3	Entre o rio Iratapuru e o rio Piunquara, próximo à seção P3	0° 34'30.53"S	52° 32'36.06"O	B
	JAR4	A montante do eixo	0° 37'17.16"S	52° 30'44.14"O	B
	JAR5	Estação bem a montante da cachoeira de Santo Antônio	0° 37'47.81"S	52° 30'48.83"O	B
	JAR6	A jusante da cachoeira de Santo Antônio, no braço esquerdo	0° 39'1.30"S	52° 30'31.12"O	F
	JAR7	A jusante do eixo, no trecho de vazão reduzida, no braço direito	0° 39'15.11"S	52° 31'17.51"O	F
	JAR8	A jusante do reservatório, após a confluência dos braços esquerdo e direito, antes da foz do rio Pacanari.	0° 39'57.09"S	52° 31'15.76"O	A
	JAR9	Em frente a comunidade de São José	0° 42'12.88"S	52° 30'13.36"O	A
Rio Iratapuru	IR1	No rio Iratapuru; jusante da vila de Iratapuru	0° 33'40.46"S	52° 34'45.00"O	D
	IR2	No rio Iratapuru; montante da vila de Iratapuru	0° 34'9.22"S	52° 34'39.94"O	D
Rio Piunquara	PIU1	No Rio Piunquara	0° 34'47.54"S	52° 31'44.10"O	B
Rio Traíra	TRA1	No Rio Traíra; acesso pela estrada	0° 37'24.54"S	52° 32'49.16"O	A
Rio Pacanari	PAC1	No Rio Pacanari; acesso pela estrada	0° 41'7.98"S	52° 36'10.74"O	E

O Programa de Monitoramento Limnológico é dividido em três fases:

- Coleta de dados trimestrais, durante a execução das obras (fase rio), durante trinta e dois (32) meses, totalizando dez (10) campanhas, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca;
- Coleta de dados bimestrais, durante doze (12) meses após início do enchimento do reservatório (fase enchimento/início da estabilização), totalizando seis (06) campanhas, contemplando os períodos de enchente, cheia, vazante e seca;
- Coleta de dados trimestrais, durante a operação (fase reservatório), durante vinte e quatro (24) meses, totalizando oito (08) 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 da UHE Santo Antônio do Jari, ocorrem, de maneira geral, nos meses de dezembro/janeiro, março/abril, junho/julho e setembro/outubro, respectivamente. As datas exatas das campanhas poderão sofrer ajustes, dependendo do regime de chuvas na área investigada e do nível hidrológico do rio Jari, com o objetivo de contemplar as fases descritas acima.

O monitoramento bimestral durante o primeiro ano após o início do enchimento é importante para mensurar as possíveis modificações na dinâmica limnológica advindas das transformações do ambiente decorrentes da implantação e operação do empreendimento.

Após os três primeiros anos de monitoramento da fase de operação, o Programa deverá ser reavaliado, com possibilidade de ajustes das estações de coleta, conjunto de variáveis e frequência amostral.

A compatibilidade da condição da qualidade da água para os usos previstos no enquadramento do corpo hídrico durante as fases do empreendimento será diagnosticada e prognosticada através dos resultados da modelagem matemática. Na fase de execução do empreendimento (fase rio) a compatibilidade da condição da qualidade da água será correlacionados com os limites preconizados pelas Resoluções CONAMA nº 357/05 e CONAMA nº 274/2000, Portaria MS nº 518/2004, o IQA (Índice de Qualidade da Água) e o IET (Índice de Estado Trófico) com frequência trimestral, sendo mensal após o fechamento do reservatório e retornando a trimestral após este período.

#### 6.4.9.6.2 - Variáveis limnológicas

Para caracterização da qualidade da água foram selecionadas doze (13) variáveis físicas, quinze (14) químicas e sete (07) biológicas (Quadro 6.4.9-3).

Quadro 6.4.9-3 - Variáveis físicas, químicas e biológicas a serem monitoradas.

Variáveis		
Físicas	Químicas	Biológicas
Temperatura do ar	pH	Clorofila a
Temperatura da água	Potencial redox	Coliformes totais
Profundidade	Oxigênio dissolvido	Coliformes termotolerantes
Transparência	Saturação de oxigênio	Fitoplâncton
Zona eufótica	DBO	Zooplâncton
Cor	Nitrito	Invertebrados bentônicos
Condutividade	Nitrato	Cianotoxinas
Turbidez	Nitrogênio amoniacal	
Sólidos totais	Nitrogênio total	
Sólidos totais dissolvidos	Orto-fosfato	
Sólidos em suspensão	Fósforo total	
Sólidos fixos	Ferro	
Sólidos voláteis	Cloreto	
	Sulfato	

#### 6.4.9.6.3 - Coleta e Preservação das Amostras

Na fase de implantação do empreendimento (fase rio), as amostras serão coletadas em subsuperfície, na calha do rio Jari e nos tributários com frequência trimestral para todos os parâmetros. Após o fechamento do reservatório, a frequência deverá ser bimestral para as variáveis físicas e químicas e trimestral para as variáveis biológicas. Após este período as campanhas deverão ser realizadas trimestralmente para análise das variáveis físicas, químicas, biológicas e análise de sedimento. A frequência das análises biológicas e de sedimento poderá ser semestral caso não ocorra variações significativas nos valores observados durante o primeiro ano deste estudo com coletas trimestrais.

Para melhor interpretação da rotina de coleta e preservação das amostras, é apresentado no Quadro 6.4.9-4 um resumo para cada parâmetro.

Quadro 6.4.9-4 - Rotina de coleta e preservação das amostras durante o monitoramento limnológico da UHE Santo Antônio do Jari

Variável	Frasco	Mínimo de amostra coletada (mL)	Preservação	Estocagem máxima recomendada	Tolerável
Temperatura	-	-	Analisar imediatamente	0.25h	0.25h
Cor	P,V	500	Refrigerar a 4±2°C	48h	48h
Turbidez	P,V	100	Analisar no mesmo dia: estocar no escuro após 24h; Refrigerar a 4±2°C	24h	48h
Sólidos	P,V	200	Refrigerar a 4±2°C	7dias	2-7dias
Condutividade elétrica	-	-	Analisar Imediatamente	28dias	28dias
pH	-	-	Analisar imediatamente.	0.25h	0.25h
Potencial redox	-	-	Analisar imediatamente.	0.25h	0.25h
Oxigênio Dissolvido	-	-	Analisar imediatamente.	0.25h	0.25h
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
Nitrito	P,V	100	Analisar o mais breve possível; refrigerar a 4±2°C	0.25h	48h
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)
Nitrogênio Amoniacal	P,V	500	Analisar o mais breve possível e adicionar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2; Refrigerar a 4±2°C	7dias	28dias
Nitrogênio total	P,V	500	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2. Refrigerar a 4±2°C	7dias	28dias
Fósforo Total, ortofosfato	P,V	100	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2. Refrigerar a 4±2°C	28dias	N.R.
Ferro total	P,V	1000	Adicionar HNO <sub>3</sub> ,Refrigerar a 4±2°C	6 meses	6 meses
Cloreto	P,V	50	Refrigerar a 4±2°C	N.R.	28 DIAS
Sulfato	P,V	100	Refrigerar a 4±2°C	28dias	28dias
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.

Variável	Frasco	Mínimo de amostra coletada (mL)	Preservação	Estocagem máxima recomendada	Tolerável
Coliformes Totais e Termotolerantes	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
Fitoplâncton	V	100 (arrasto com rede20µm) - qualitativa 100 -quantitativa	Preservar imediatamente: Qualitativa - 100 ml solução transeau; Quantitativa - 0,3mL lugol acético (conservar no escuro)	Para um maior tempo de estocagem (amostragem quantitativa), fixar com 0,7mL de lugol acético	N.R.
Zooplâncton	V	200 L concentrados em 100 mL (rede 50µm)	Preservar imediatamente formaldeído solução final a 4%	N.R.	N.R.
Invertebrados bentônicos	P	Rio e córrego - área de 60x60, amostrado com Surber Lago - área de 345cm <sup>2</sup> , 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

#### 6.4.9.6.4 - Análises das amostras

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) 21ª edição.

Em campo, serão determinadas as variáveis temperatura do ar, profundidade, transparência, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, potencial redox, saturação de oxigênio e temperatura da água com o auxílio de equipamentos portáteis e sonda multiparâmetros. Enquanto que para os outros parâmetros, as amostras de água serão coletadas em frascos de polietileno ou vidro e devidamente preservadas até posterior análise em laboratório. No sedimento será analisado matéria orgânica, carbono orgânico, fósforo total, nitrogênio total, sódio, potássio, cálcio, magnésio e granulometria (areia grossa, areia fina, silte, argila).

O perfil vertical na coluna d'água das variáveis físicas e químicas será realizado durante as fases de implantação, enchimento e operação do empreendimento, nos períodos de enchente, cheia, vazante e seca, na estação de amostragem próxima ao eixo da barragem. Serão realizadas medições in situ de temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, potencial redox e turbidez da coluna d'água, a cada 10 cm de profundidade com o auxílio de sonda multiparâmetros.

As variáveis selecionadas, justificativa e método analítico são apresentados do Quadro 6.4.9-5.

Quadro 6.4.9-5 - Métodos de análises das variáveis físicas, químicas e biológicas da água de sedimento

Variáveis	Justificativa	Método de Análise
<b>Físicas</b>		
Temperatura	Caracterização das massas de águas predominantes. Fundamental também para correlacionar com a biota e temperatura do ambiente	Termômetro
Transparência	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Dico de secchi
Cor	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Colorimetria
Turbidez	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Turbidímetro
Sólidos totais dissolvidos	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Potenciometria
Sólidos em Suspensão, totais, fixo e voláteis	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Gravimetria
<b>Químicas</b>		
Condutividade	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Potenciometria
pH	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	pH-mêtro
Oxigênio Dissolvido e Saturação de oxigênio	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Oxímetro
Demanda bioquímica de oxigênio	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Oxímetro/incubação
Nutrientes (nitrito, nitrato e ortofosfato), e nitrogênio amoniacal	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Espectrofotometria
Nitrogênio total e fósforo total	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Oxidação com persulfato de potássio e colorimetria
Ferro	<i>background</i> local para efetuar comparações de monitoramento.	ICP-MS: POP PA 038 / SMWW 3125 B, USEPA 6020
Cloreto	<i>background</i> local para efetuar comparações de monitoramento.	POP PA 032 / USEPA SW 846 - 300.1
Sulfato	indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	POP PA 032 / USEPA SW 846 - 300.1

Variáveis	Justificativa	Método de Análise
<b>Biologicos</b>		
Coliformes totais	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Colilert - substrato enzimático SMWW 9223 A e B
Coliformes termotolerantes	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Colilert - substrato enzimático SMWW 9223 A e B
Clorofila a	Indicador ambiental clássico para caracterização ambiental	Espectrofluorimetria
Fitoplâncton	Indicador clássico na avaliação das atividades industriais	Microscópio invertido
Zooplâncton	Indicador clássico na avaliação das atividades industriais	Estereomicroscópio
Invertebrados bentônicos	Indicador clássico na avaliação das atividades industriais	Estereomicroscópio
<b>Sedimentos</b>		
Granulometria	<i>background</i> local para efetuar comparações de monitoramento (análises estatísticas)	ISO 13320-1/1999 - Análise de Partícula por Difração a Laser
Carbono orgânico Total	indicador clássico na avaliação das atividades industriais	Método da Combustão em Forno. IAC - 1989.
Fósforo	<i>background</i> local para efetuar comparações futuras (análises estatísticas)	Espectrofotometria
Nitrogênio	<i>background</i> local para efetuar comparações futuras (análises estatísticas)	SMEWW 4500
Matéria Orgânica (MOT)	<i>background</i> local para efetuar comparações futuras (análises estatísticas)	Gravimetria e dissolução ácida
Metais (AS, Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	<i>background</i> local para efetuar comparações de monitoramento e possibilitar correlações com a biota (análises estatísticas)	ICP-OES: SMWW 3120 B, USEPA 6010

#### 6.4.9.6.5 - Sedimento

Amostras de sedimentos serão coletadas para análise de invertebrados bentônicos, metais, carbono, nitrogênio e fósforo (CNP), matéria orgânica e granulometria. Será utilizada draga de Petersen com 250 cm<sup>2</sup> de área amostral para obtenção de aproximadamente 1Kg de sedimento, o qual será acondicionado em sacos plásticos, fixado ou refrigerado a 4° C até o encaminhamento ao laboratório para a realização das análises.

O Quadro 6.4.9-6 a seguir apresenta um resumo das metodologias empregadas no tratamento das subamostras de sedimento das amostras coletadas.

Quadro 6.4.9-6 - Tratamento de Alíquotas - amostras de sedimento

Parâmetros	Frascaria	Preservação/Fixação	Conservação
Invertebrados bentônicos	pote plástico	formaldeído solução final a 4%	temperatura ambiente
Metais (AS, Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)	pote de vidro	sem preservação	refrigeração 4 ± 2°
Nitrogênio	pote plástico	sem preservação	refrigeração 4 ± 2°
Fósforo	pote plástico	sem preservação	refrigeração 4 ± 2°
Carbono Orgânico Total (COT)	pote plástico	Sem preservação	refrigeração 4 ± 2°
Matéria Orgânica (MOT)	pote plástico	sem preservação	congelamento
Granulometria	saco plástico	Sem preservação	refrigeração 4 ± 2°

#### 6.4.9.6.6 - Fitoplâncton

A estrutura da comunidade fitoplanctônica será avaliada partir da composição, abundância e biovolume, através de amostras quantitativas e qualitativas obtidas coletadas na subsuperfície da coluna d'água. Para análises quantitativas as amostras serão coletadas por passagem do frasco de 100 ml diretamente na subsuperfície. A não filtração possibilita a análise integral da fração fitoplanctônica, não sendo eliminada qualquer fração menor que um tamanho estabelecido de malha de rede de coleta. Para análises qualitativas as amostras serão coletadas por meio de rede de plâncton de 20 µm. As amostras serão preservadas em solução Transeau e solução de lugol para as análises qualitativas e quantitativas, respectivamente. A quantificação das populações será feita pelo método de sedimentação de Uthermöl (1958) com aumento de 400x ou 1000x em microscópio invertido. A identificação sistemática será feita sempre que possível em nível de espécie, por análise comparativa com a literatura especializada e atualizada, com base nas características morfológicas e morfométricas das vidas vegetativa e reprodutiva. Com relação ao sistema de classificação das classes, será adotado aquele estabelecido por Hoek (1997), exceto para diatomáceas (Round, 1990) e cianobactérias (Komárek e Anagnostidis, 1998).



Amostras qualitativas serão examinadas em microscópio Olympus BH2 equipado com câmera digital para captura de imagem (Image Pro Plus) a fim de observar características morfológicas necessárias à identificação das espécies e de documentar os táxons mais importantes. Com a finalidade de obter uma lista mais detalhada da biodiversidade fitoplanctônica, sobretudo das algas maiores, geralmente mais raras, as amostras qualitativas serão observadas em câmaras de sedimentação de 2 mL em microscópio invertido em dois transectos (longitudinal e transversal) em um aumento de 200x. As identificações serão feitas sempre que possível em nível de espécie, com base nas características morfológicas e morfométricas das vidas vegetativa e reprodutiva das populações, utilizando-se bibliografia atualizada e específica.

Os grandes grupos taxonômicos (cianobactérias = Cyanobacteria; criptofíceas = Cryptophyceae; dinoflagelados = Dinophyceae, diatomáceas = Bacillariophyceae, crisofíceas = Chrysophyceae; xantofíceas = Xanthophyceae; rafidofíceas = Raphidophyceae; euglenóides = Euglenophyceae; clorofíceas = Chlorophyceae; zignematofíceas = Zygnetophyceae e Oedogonifíceas = Oedogoniophyceae) serão identificados de acordo com os critérios estabelecidos por Hoek 1993, exceto para cianobactérias (Komárek & Anagnostidis 1999) e diatomáceas (Round et al. 1993).

#### Densidade Fitoplanctônica (ind.mL<sup>-1</sup>)

Para determinação da abundância das populações fitoplanctônicas (ind mL<sup>-1</sup>) as amostras serão colocadas em câmaras de sedimentação de 2 ou 10 mL, dependendo das concentrações de abioseston em relação às algas. O tempo de sedimentação será de pelo menos três horas para cada centímetro de altura da câmara (Margalef, 1983). A enumeração dos organismos (células, colônias, filamentos) será feita em campos aleatórios (Uhelinger, 1964) em microscópio invertido, marca Zeiss Oberkochen, modelo Axiovert. Os organismos serão enumerados, sempre que possível, em número suficiente para alcançar 100 indivíduos da espécie mais frequente, sendo o erro inferior a 20% (p<0,05; Lund et al. 1958). Quando não for possível utilizar esse critério (amostras com algas escassas e detrito abundante), serão enumerados indivíduos em tantos campos aleatórios quantos os necessários para que se estabilizasse o número de espécies adicionadas por campo (método da área mínima), a fim de garantir uma representatividade qualitativa mínima das espécies.

## Biomassa Fitoplanctônica ( $\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ )

A biomassa pode ser considerada 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.

A biomassa fitoplanctônica será estimada através do calculado 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). Considerando a equivalência entre biovolume e biomassa, no presente relatório os resultados estão expressos em biovolume.

## Análise de cianotoxinas

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 esta análise será coletado um litro de água bruta, filtrada, posteriormente, em filtros de fibra de vidro (borosilicato). 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 300 nm. Os espectros cromatográficos obtidos serão comparados com um padrão de microcistina-LR (KRISHNAMURTHY et al., 1986).

#### 6.4.9.6.7 - Zooplâncton

Para a análise da comunidade zooplanctônica as amostras serão obtidas com o auxílio de uma bomba elétrica, coletados na subsuperfície. Os organismos serão filtrados em uma rede de plâncton de 68 mm 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. 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  $m^{-3}$ ) através da contagem, em câmaras de Sedgwick-Rafter, de alíquotas de 1 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.

#### 6.4.9.6.8 - Invertebrados bentônicos

Para caracterização dos Invertebrados bentônicos serão analisadas as amostras sedimentos coletadas, em triplicata, nas estações de amostragem, conforme descrito anteriormente. As amostras serão fixadas com formaldeído, com concentração final de 4%. 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, Trichoptera, Heteroptera e Odonata, cada táxon será contado em cada amostra. As densidades dos táxons ( $ind.m^{-2}$ ) serão calculadas de acordo com a área coletada pelo amostrador e expressa em número de organismos/ $m^2$ .

Os organismos coletados, depois de identificados ao menor nível taxonômico possível, serão classificados de acordo com o grupo de alimentação funcional (GAF) e hábitos de vida baseando-se em Resh & Rosenberg (1984), Merritt & Cummins (1988), Hauer & Lamberti (1996), Baptista ET al. (1998), Callisto et al. (2000) e Baptista et al.(2001). Os Grupos de alimentação funcional e hábitos dos organismos (GAF) a serem considerados serão: predador (perfurador ou engolfador), coletor (filtrador ou reunidor), triturador e raspador. Os hábitos são: escavador (vive em tocas ou semi-enterrado), agarrador (aderido a folhas ou rochas), nadador (organismos nécto-bentônicos) e caminhador (percorre o sedimento ou as rochas sem escavá-las).

Quanto ao uso potencial dos macroinvertebrados bentônicos, como bioindicadores, serão selecionadas métricas características destas comunidades afim de se construir um índice multimétrico para a avaliação da qualidade ambiental. O índice multimétrico para esse fim não existe para a região amazônica. Portanto serão utilizados como base os índices propostos para rios da região sudeste (Corbi et al 2006), sul (Bieger et al 2010) do Brasil e outros rios do mundo (Bredenhand, 2005 e Misenrendino & Pizzolón, 1999). Estes índices poderão sofrer ajustes para melhor caracterizar o ambiente de estudo.

#### 6.4.9.6.9 - Análises dos dados

Os resultados de todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados serão apresentados na forma de gráficos, textos e tabelas. Serão feitas discussões sobre a variação espaço-temporal das estações do rio Madeira, dos tributários e dos lagos e canais. Além disso, será feita a média e o desvio padrão para cada variável nessas três categorias de ambientes, e, quando cabível, todos os parâmetros serão comparados aos seus respectivos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para água doce de Classe 2, destacando as estações que apresentarem valores fora dos valores previstos nesta resolução.

O estado trófico de cada uma das estações será definido usando-se o Índice de Estado Trófico (IET) proposto por Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (2004). Neste índice, serão levadas em consideração as concentrações de clorofila *a* e de fósforo total, havendo distinção na fórmula para calcular o IET para rios e para reservatórios. Dentre as estações amostradas, as do rio Madeira e dos tributários serão enquadradas como rios, ao passo que as estações dos lagos e dos canais marginais serão enquadradas em reservatórios. As fórmulas usadas estão expressas abaixo:

##### Rios

$$IET(CL) = 10 \times \left( 6 - \frac{0,7 - 0,6 \times (\ln CL)}{\ln 2} \right) - 20$$

$$IET(PT) = 10 \times \left( 6 - \frac{0,42 - 0,36 \times (\ln CL)}{\ln 2} \right) - 20$$

##### Reservatórios

$$IET(CL) = 10 \times \left( 6 - \frac{0,92 - 0,34 \times (\ln CL)}{\ln 2} \right)$$

$$IET(PT) = 10 \times \left( 6 - \frac{1,77 - 0,42 \times (\ln PT)}{\ln 2} \right)$$

Onde:

PT = concentração de fósforo total em  $\mu\text{g.L}^{-1}$

CL = concentração de clorofila em  $\mu\text{g.L}^{-1}$

Ln = logaritmo natural

O resultado do IET é a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e à clorofila a, segundo a equação:

$$IET = \left[ \frac{IET(PT) + IET(CL)}{2} \right]$$

O critério usado para a classificação da trofia dos ambientes amostrados será o seguinte:

Estado Trófico	Critério	P-total (mg PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> .m <sup>-3</sup> )	Clorofila a – (mg.m <sup>-3</sup> )
Ultraoligotrófico	IET <47	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET <52	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET <59	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET <63	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET <67	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET >67	233 < P	69,05 < CL

Para classificação da qualidade da água das estações amostradas será utilizado o Índice de Qualidade da Água (IQA), desenvolvido pela *American National Sanitation Foundation* e adaptado pela CETESB. O IQA é determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, turbidez, sólidos totais, nitrogênio total, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e temperatura. Vale destacar que, para efeito de cálculo do IQA para as estações amostradas, os coliformes fecais da fórmula serão substituídos pelos dados de *Escherichia coli*. Cada parâmetro possui um peso e um valor de qualidade correspondente, definido a partir de uma curva média de variação de qualidade. Os cálculos usados para calcular o IQA estão explicitados a seguir:

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

Onde:

- qi qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da curva média de variação de qualidade, em função de sua concentração ou medida;
- wi peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que o somatório de todos os wi é igual a 1.

O IQA varia em uma escala de 0 a 100, como é mostrado a seguir:

- Ótima ..... 79 < IQA ≤ 100
- Boa ..... 51 < IQA ≤ 79
- Regular ..... 36 < IQA ≤ 51
- Ruim ..... 19 < IQA ≤ 36
- Péssima ..... IQA ≤ 19

#### 6.4.9.6.10 - Análises Biológicas

Todos os organismos coletados, fitoplâncton, zooplâncton, e invertebrados bentônicos, serão objeto das análises descritas a seguir.

##### Riqueza de espécies

Será considerada a riqueza simples (S), ou seja, o número de taxa por campanha por estação de coleta.

##### Densidade de organismos

As densidades de organismos serão calculadas em relação ao volume (fitoplâncton - ind/mL; zooplâncton - ind/L) ou área (invertebrados bentônicos e macrófitas - ind/m<sup>2</sup>) nas estações de coleta.

##### Índice de diversidade específica e equidade

Diversidade de espécies é uma função do número de espécies de uma amostra, coleção ou comunidade (riqueza) e da distribuição dos indivíduos entre essas espécies (equidade, equitabilidade ou evenness). O índice utilizado para calcular a diversidade de espécies será o de Shannon (Shannon & Weaver, 1949) através da fórmula:

$$H' = -\sum p_i \log^2 p_i$$

Onde:

- p<sub>i</sub> = n<sub>i</sub> / N
- n<sub>i</sub> = n° total de indivíduos por espécie
- N = n° total de indivíduos

O resultado é dado em bit/ind, considerando:

Diversidade alta .....  $H > 3,0$

Diversidade média .....  $2,0 < H \leq 3,0$

Diversidade baixa .....  $1,0 < H \leq 2,0$

Diversidade muito baixa .....  $H \leq 1,0$

A equidade será calculada através da fórmula:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Onde:

$H'$  = índice de Shannon

$S$  = número total de espécies

O resultado varia entre 0 e 1, sendo os valores  $>0,5$  aqueles em que indivíduos estão bem distribuídos nas espécies.

#### Dominância

Índice de dominância (ROSEMBERG & RESH, 1993) é representado pelo maior valor de abundância relativa ( $n_i/N$ ) da amostra.

$$DOM = \frac{n_i}{N}$$

Onde:

$n_i$  = densidade do táxon  $i$

$N$  = densidade total

#### 6.4.9.6.11 - Análise estatística

Os dados abióticos e bióticos serão ponderados por meio de testes estatísticos com análises multivariadas. As variáveis abióticas de todas as estações e períodos do ciclo hidrológico amostrados serão submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP). A ocorrência de organismos fitoplânctônicos também será avaliada por ACP, considerando o biovolume total do fitoplâncton nas estações de coleta em relação às variáveis ambientais medidas na água, para todas as amostras. A análise de ACP será realizada de acordo com Pearson (1901) no software Canoco, versão 4.5.

As comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e invertebrados bentônicos serão submetidas a testes estatísticos de Análise de Correspondência Canônica (CCA). O fitoplâncton e o zooplâncton serão analisados em relação às variáveis ambientais medidas na água, em todas as estações e período do ciclo hidrológico amostrados; os invertebrados bentônicos com as variáveis medidas no sedimento.





6.4.9.7 - Cronograma

Programa de Monitoramento Limnológico	Cronograma de Implantação																																					
	-5	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Atividades																																						
Elaboração do plano de trabalho	█	█																																				
Solicitação de Licença do IBAMA CRT			█																																			
Aquisição de equipamentos e material de consumo				█																																		
Planejamento do trabalho de campo					█																																	
Campanhas de campo durante a fase obra						█			█			█			█			█			█			█			█			█			█					
Análises laboratoriais							█			█			█			█			█			█			█			█			█			█				
Consolidação dos resultados							█			█			█			█			█			█			█			█			█			█				
Análise dos dados							█			█			█			█			█			█			█			█			█			█				
Relatórios trimestrais								█				█			█			█			█			█			█			█			█					
Relatórios anuais																	█																				█	
Relatório final																																						
Campanhas de campo durante a fase enchimento/início estabilização*																																						
Campanhas de campo durante a fase operação**																																						
Ordem de Serviço																																						
Mobilização/ acessos (Condicionada ao início do período seco)						█																																
Instalação do canteiro e acampamento						█																																
Sequência de Desvio - 1ª Etapa - (Leito Natural)							█																															
Sequência de Desvio - 2ª Etapa - (Leito Natural)																																						
Sequência de Desvio - 3ª Etapa - (Estrutura de Desvio)																																						
Estrutura de Desvio - Escavação/ Limpeza e Tratamento de Fundação																																						
Estrutura de Desvio - Concretagem																																						
Estrutura de Desvio - Montagem Eletromecânica																																						
Barragem - Aterro ME																																						
Barragem - Aterro MD																																						
Vertedouro - Concretagem - 1ª etapa																																						
Vertedouro - Concretagem - 2ª etapa																																						
Vertedouro - Concretagem - 3ª etapa																																						
Reservatório - Limpeza e Obras																																						
Emissão de licença de Operação LO (expectativa)																																						
Reservatório - Enchimento																																						

\* Realização de campanhas de campo\*\*\* bimestrais durante o 1º ano após início do enchimento  
 \*\* Realização de campanhas de campo\*\*\* trimestrais durante o 2º e 3º ano após o início do enchimento  
 \*\*\* Após cada campanha de campo serão realizadas: Análises laboratoriais, Consolidação dos resultados, Análise dos dados, e emissão de Relatórios



#### 6.4.9.8 - Responsáveis pela Elaboração do Programa

Nome	Formação	Identificação
Gina Luísa Carvalho Boemer	Bióloga, doutora em Engenharia Ambiental (USP)	CRBio: 35253/04-D IBAMA: 590812
João Durval Arantes Junior	Biólogo, mestre em Engenharia Ambiental (USP) e doutorando em Ecologia pela UFSCar	CRBio: 35214/01-D IBAMA: 3942539

#### 6.4.9.9 - Equipe de Implementação

O responsável pela implantação do Programa é o empreendedor, que deverá contar com uma equipe composta por pelo menos:

- 1 Profissional especialista em limnologia com experiência comprovada na coordenação de atividades na área.
- 1 Profissional 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.

#### **6.4.9.10 - Instituições Envolvidas**

Estão envolvidos no Programa de Monitoramento Limnológico o empreendedor, responsável pela execução, as equipes contratadas para realização dos trabalhos de campo, análises laboratoriais e elaboração dos relatórios, órgão ambiental responsável pela análise dos resultados e demais instituições que possam vir a fazer interfaces com este Programa.

#### **6.4.9.11 - Inter-relação com outros Planos e Programas**

O Programa de Monitoramento Limnológico tem interface com o Programa de Gerenciamento Ambiental e Programa de Monitoramento de Macrófitas Aquáticas e de Monitoramento da Ictiofauna.

#### **6.4.9.12 - Requisitos Legais**

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. 337/2009 - IBAMA.

### 6.4.9.13 - 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/ELETROBRÁS. Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro. Rio de Janeiro: COMASE/ELETROBRÁS, 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.; PADISÁK, 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.

BIRD DF, PRAIRE YT (1985) Practical guidelines for the use of zooplankton length-weight regression equations. *J. Plankton Res.* 7: 955-960.

BOTTRELL HH, DUNCAN A, GLIWICZ ZM, GRYGIEREK E, HERZING A, HILLBRICHT-ILKOWSKA A, KURASAWA H, LARSSON P, WEGLENSKA T (1976) A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw. J. Zool.* 24: 419-456.

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.

DUMONT HJ, VAN DE VELDE I, DUMONT S (1975) The dry weight estimate of biomass in a selection of cladocera, copepoda and rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters. *Oecologia (Berl.)* 19: 75-97.

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).

ESTEVEZ, F. A., 1998. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência.

ESTEVEZ, 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.

GANF GG, MILBURN TR (1971) A conductimetric method for the determination of the total inorganic and particulate organic carbon fractions in freshwater. *Arch. Hydrobiol.* 69: 1-13.

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.

LATJA R, SALONEN K (1978) Carbon analysis for the determination of individual biomass of planktonic animals. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 20: 2556-2560.

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.

M. BLETTLER, MARTÍN C Y COSTA BONECKER, CLÁUDIA. Evaluación de la biomasa de microcrustáceos en ambientes acuáticos continentales. *INCI*, ago. 2006, vol.31, no.8, p.591-597. ISSN 0378-1844.

MCCAULEY E (1984) The estimation of the abundance and biomass of zooplankton in samples. Em Downing JA, Rigler FH (Eds.) *Secondary productivity in freshwaters*. Blackwell. Londres, RU. pp. 228-264.

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 seasonalness 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.

PETERS RH (1986) The role of prediction in limnology. *Limnol. Oceanogr.* 31: 1143-1159.

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.

WINBERG GG, DUNCAN A (1971) *Methods for the estimation of production of aquatic animals*. Academic Press. NY, EEUU. 175 p.

VALENTIN, J.L., 2000., *Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro: Interciência, 117 p.