

## **PROJETO BÁSICO AMBIENTAL – UHE SÃO MANOEL**

### **Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água**

<b>CONTROLE DE REVISÃO</b>		
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISÃO</b>	<b>DATA</b>
P00.SM-011/14	00	30/01/2014
P00.SM-011/14	01	30/04/2014
P00.SM-011/14	02	08/10/2014

## PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DA QUALIDADE DA ÁGUA

### SUMÁRIO

11	PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	1
11.1	Justificativa .....	1
11.2	Objetivos .....	3
11.3	Metas .....	3
11.4	Base Legal e Normativa .....	4
11.5	Área de Abrangência do Programa .....	5
11.6	Metodologia / Atividades a serem Desenvolvidas.....	10
11.6.1	Campanhas de Campo .....	10
11.6.2	Análises das Amostras.....	14
11.6.3	Interpretação dos Resultados.....	17
11.6.4	Elaboração da Nova Modelagem Matemática de Qualidade da Água .....	18
11.7	Indicadores .....	19
11.8	Produtos .....	19
11.9	Interface com Outros Planos e Programas.....	20
11.10	Parcerias Recomendadas .....	20
11.11	Equipe Técnica Envolvida .....	20
11.12	Referências Bibliográficas .....	20
11.13	Cronograma Físico.....	25

## 11 PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DA QUALIDADE DA ÁGUA

### 11.1 Justificativa

O Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água foi elaborado com base no Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE São Manoel (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) e nos Pareceres Técnicos PAR. 004510/2013 – COHID/IBAMA, de 02 de maio de 2013 e PAR. 007109/2013 – COHID/IBAMA, de 05 de novembro de 2013, que apresentam a análise técnica do EIA-RIMA e complementações advindas da análise do referido parecer e documentos entregues nas Audiências Públicas, com a finalidade de concluir sobre a viabilidade ambiental da UHE São Manoel.

O presente Programa atende à condicionante 2.1 da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013, e também à condicionante 2.2 da Licença de Instalação N° 1017/2014, de 14 de agosto de 2014, ao incorporar as recomendações técnicas presentes no Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014.

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).

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 (THOMAZ *et al.*, 1997).

O monitoramento limnológico possibilita um diagnóstico para avaliar o grau de variabilidade de fatores bióticos ou abióticos em relação a um modelo ou padrão conhecido ou esperado (AGOSTINHO, 1995). 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 (fotoperíodo, estações do ano, chuvas, níveis fluviométricos, *etc.*). Os estudos limnológicos que precedem alterações ambientais possibilitam abordagem preditiva, buscando estabelecer modelos para predição de variáveis de utilização ampla, com baixo custo de obtenção (transparência, nutrientes, biomassa fitoplanctônica, *etc.*), que indicam processos de importância capital para o manejo dos ecossistemas e para a formulação de hipóteses (THOMAZ; BINI, 1999).

A formação do reservatório da UHE São Manoel implicará em alteração à paisagem e ao rio Teles Pires, com a ampliação do espelho d'água, que assumirá o formato alongado, largo e com braços curtos e estreitos na margem esquerda, formados pela inundação de pequenas drenagens laterais. Esses braços terão condições hidrodinâmicas muito diferentes das do corpo central e deverão abrigar comunidades aquáticas adaptadas a águas mais calmas, como a de macrófitas aquáticas, por exemplo. O tipo de reservatório (tempo de retenção e renovação de água, tamanho da área inundada) e as fontes de aporte de nutrientes podem implicar em diferentes graus de infestação por macrófitas, sendo, teoricamente, estes graus maiores para os reservatórios convencionais (com elevado tempo de retenção de água e área inundada, e com elevada carga de poluição orgânica).

No caso do futuro reservatório da UHE São Manoel, o menor tempo de residência e a menor carga orgânica aportada via efluentes domésticos, quando comparado aos reservatórios convencionais, devem diminuir a probabilidade de aumento excessivo da biomassa de macrófitas. Na região de inserção do empreendimento de São Manoel, o rio Teles Pires é caracterizado pela pobreza em nutrientes e baixa taxa de produção de matéria orgânica, sendo considerado oligotrófico. Associado a este fato, a declividade é acentuada na extensão de aproximadamente 40 km do futuro reservatório da UHE São Manoel, onde o rio Teles Pires é caracterizado por diversas corredeiras, controles hidráulicos, fundo majoritariamente pedregoso e afloramentos rochosos. Portanto, observa-se que o estabelecimento de macrófitas na região do empreendimento é desfavorável, em função da declividade e da alta vazão ao longo do ano. Além disso, a diversidade planctônica tem sua riqueza e abundância limitadas pela velocidade das águas, enquanto a presença de espécies tipicamente bentônicas na lista de organismos zooplânctônicos são sinais claros da força do rio na desagregação de comunidades marginais (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010).

No entanto, pelas transformações da dinâmica fluvial que o rio Teles Pires estará sujeito e pela necessidade de manutenção da qualidade da água na formação do futuro reservatório da UHE São Manoel, o monitoramento de comunidades biológicas (planctônicas, bentônicas e macrófitas aquáticas) será executado no âmbito deste Programa, bem como para atendimento à condicionante 2.33 (d) da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013.

Dessa forma, o Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água da UHE São Manoel possibilitará a avaliação das condições físicas, químicas e biológicas das águas superficiais que poderão sofrer alterações pela mudança da dinâmica fluvial do rio Teles Pires, causadas pela implantação e operação do empreendimento.

Além disso, os dados obtidos neste Programa subsidiarão o desenvolvimento e utilização de novo modelo matemático da qualidade da água (atendimento às condicionantes 2.28 e 2.29 da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013) que 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.

## 11.2 Objetivos

O Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água tem por objetivo diagnosticar e mensurar as modificações na dinâmica limnológica decorrentes da implantação e operação da UHE São Manoel, permitindo a gestão adequada do recurso hídrico e apontando aos órgãos fiscalizadores quaisquer alterações significativas que resultem de atividades antrópicas no entorno do reservatório.

Em detalhe, tem também por objetivo mensurar as modificações na comunidade de macrófitas aquáticas, advindas das transformações ambientais decorrentes da implantação e operação do empreendimento, e subsidiar a adoção de medidas de controle/mitigação, caso sejam identificados problemas de proliferação excessiva desta comunidade na área de influência da UHE São Manoel.

Especificamente, os objetivos desse Programa são:

- Determinar um nível de referência das variáveis físicas, químicas e biológicas do rio Teles Pires, rio Apiacás e São Benedito ao qual o monitoramento será balizado nos estudos temporais;
- Identificar as alterações limnológicas do rio Teles Pires, rio Apiacás e rio São Benedito durante todas as fases do empreendimento (avaliação do gradiente temporal);
- Identificar as alterações limnológicas do rio Teles Pires, entre os trechos de montante e jusante da UHE São Manoel, e rio Apiacás e rio São Benedito (avaliação do gradiente espacial);
- Averiguar a compatibilidade da condição de qualidade de água diagnosticada para os usos múltiplos no reservatório e na área de influência do empreendimento, durante todas as fases do empreendimento; e,
- Subsidiar o desenvolvimento e utilização de novo modelo matemático da qualidade da água para se prognosticar as possíveis alterações da qualidade da água, decorrentes das transformações ambientais, durante as diferentes fases do empreendimento.

## 11.3 Metas

São metas para este programa:

- Realização de 12 coletas limnológicas por ano (amostras de água superficial, de sedimentos, e de biota aquática - fitoplâncton, zooplâncton, bentos e macrófitas) em cada ponto de coleta (13 pontos) por ano - 156 coletas por ano; e,

- Análise de 100% das variáveis limnológicas propostas.

#### **11.4 Base Legal e Normativa**

A Constituição da República Federativa do Brasil, em seu art. 225, preconiza que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Ademais, determina em seu art. 23, inciso VI, que compete comumente à União aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas. Tal competência é regulamentada pela Lei Complementar Nº 140/2011 que fixa, dentre outras, normas nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção do meio ambiente. Em seu art. 22, inciso IV, prevê a competência privativa da União para legislar sobre águas.

O Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água será norteado por determinações da Legislação Brasileira (Portarias, Resoluções, Decretos, Instruções Normativas), que visam assegurar a qualidade da água e a proteção do meio ambiente como um todo, conforme descritas a seguir, sem prejuízo das demais normas ambientais vigentes.

Os padrões de qualidade das águas superficiais, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes, são atualmente regulamentados pela Resolução CONAMA Nº 357/2005, a qual 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’água. A Resolução CNRH Nº 91/2008 institui as diretrizes básicas para os procedimentos metodológicos de enquadramento dos corpos hídricos.

Também deverão ser observadas as disposições da Resolução CONAMA Nº 454/2012 que estabelecem as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação dos sedimentos e dispõem sobre procedimentos para o planejamento, coleta de amostras e análises laboratoriais dos materiais a serem dispostos de forma subaquática.

Outro importante instrumento legal é a Lei Nº 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, bem como definiu como um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, tendo como um dos objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

As disposições da Resolução Nº 129/2011 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL sobre a reserva de disponibilidade hídrica da seção do rio Teles Pires situada às coordenadas geográficas: 09º 11’ 25” de Latitude Sul e 57º 03’ 08” de Longitude Oeste também serão avaliadas para este Programa.

Nessa mesma linha, cita-se a Resolução Conjunta ANEEL-ANA Nº 3/2010, que estabelece as condições e procedimentos a serem observados pelos concessionários e autorizados de geração de energia elétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas visando ao monitoramento pluviométrico, limnimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado a aproveitamentos hidrelétricos.

Apesar da importância das macrófitas aquáticas nos reservatórios de empreendimentos hidrelétricos, destaca-se a ausência, no Brasil, de legislação específica envolvendo o monitoramento e controle de plantas aquáticas. A única norma que faz referência a esse tipo de plantas é a Portaria Normativa Nº 145 de 29/10/98 do IBAMA. Entretanto, a mencionada Portaria trata de normas de reintrodução e transferência de peixes, crustáceos, moluscos e macrófitas aquáticas para fins de aquicultura, excluindo-se as espécies animais ornamentais.

Por fim, serão atendidas também as determinações dispostas na Licença Prévia Nº 473/2013, de 29 de novembro de 2013, bem como aquelas constantes nos Pareceres emitidos pelo órgão ambiental especificamente para o empreendimento.

### 11.5 Área de Abrangência do Programa

O Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água na área de influência da UHE São Manoel contempla 13 pontos de coleta nos principais braços e calha do rio Teles Pires, e nos seus principais tributários, rio Apiacás e rio São Benedito nas quais serão avaliadas as variáveis físicas, químicas e biológicas da água conforme indicado no **Quadro 11 - 1** e no **Quadro 11 - 2** e na **Figura 11 - 1**.

Os pontos de coleta serão georreferenciados com aparelho de receptor de GPS - Sistema de Posicionamento Global. 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 de coleta serão: Sistemas de Coordenadas Geográficas (com segundos expressos até três casas decimais) e *Datum* Horizontal oficial adotado pelo IBGE: SAD 69 (*South America Datum* 1969).

Esta malha amostral é ampliada em relação ao EIA (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) e atende às condicionantes 2.33 (a), (g) e (h) da Licença Prévia Nº 473/2013, de 29 de novembro de 2013.

A cada trimestre as coletas do Programa Monitoramento da Ictiofauna serão realizadas em dez dos 13 pontos de coleta a serem amostrados no Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água (pontos de coleta das duas malhas amostrais\* são mostrados no **Quadro 11 - 1** e no **Quadro 11 - 2**), sendo que as mesmas serão executadas em períodos próximos.



**Quadro 11 - 1 – Malha amostral para coletas de qualidade da água, do sedimento e biota aquática (plâncton, bentos e macrófitas) na área de influência do reservatório da UHE São Manoel – pontos a montante do eixo**

PONTO		COORDENADAS		CURSO D'ÁGUA	ÁREA	CARACTERÍSTICAS
		X	Y			
1	TP 01*	522815	8972609	rio Teles Pires	MONTANTE DO EIXO	<p>Localizado a <b>6 km do fim do remanso no futuro reservatório de São Manoel.</b></p> <p><i>Está a 5 km a jusante do “P08”, amostrado para o EIA, quanto à QA.</i></p>
2	TP 02*	517283	8978300	rio Teles Pires		<p>Localizado a <b>15 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel</b>, na região de montante da curva do macaco circundado por uma vegetação alta e densa, com afloramentos rochosos em toda a região marginal. É um ambiente lótico com fundo rochoso e constante formação de vórtices. A profundidade média é de 9 m.</p> <p><i>Este é o mesmo “P07”, amostrado para o EIA, quanto à QA.</i></p>
3	TP 03*	502226	8979616	rio Teles Pires		<p>Localizado a <b>30 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel</b>, a montante da pista de pouso do campo do Aragão no final da Ilha do Macaco, circundado por uma vegetação alta e densa. É um ambiente lótico com constante formação de vórtices e a profundidade média é de 13 m.</p> <p><i>Este é o mesmo “P04”, amostrado para o EIA, quanto à QA.</i></p>
4	IG 01	501284	8975978	igarapé s/n		<p>Localizado a <b>4 km da foz com o rio Teles Pires</b>, num igarapé sem denominação, que cruza a estrada de ligação entre a MT206 e o campo do Aragão, de difícil acesso no período chuvoso e vazão muito reduzida no período seco. A vegetação ao redor é alta e densa, e a água é escurecida. A profundidade média é de 0,30 m - ATENDIMENTO à condicionante 2.33 (h) da LP.</p> <p><i>Este é o mesmo “P05”, amostrado para o EIA, quanto à QA.</i></p>
5	LG TUC 01*	500090	8978583	Lagoa dos Tucunarés		<p>Localizado a <b>1,3 km do rio Teles Pires</b>, na área alagada na margem esquerda do rio Teles Pires, conhecida como “Lagoa dos Tucunarés” - ATENDIMENTO à condicionante 2.33 (g) da LP.</p>



PONTO		COORDENADAS		CURSO D'ÁGUA	ÁREA	CARACTERÍSTICAS
		X	Y			
6	TP 04	495044	8980900	rio Teles Pires		Localizado a <b>38 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel</b> , no braço lateral da margem esquerda do rio Teles Pires.
7	TP 05*	494689	8983410	rio Teles Pires		Localizado a <b>43 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel</b> , após a Ilha Grande e a jusante da Pousada Mantega. Possui vegetação arbórea alta e densa com aflorações rochosas em toda a região marginal e fundo rochoso. É um ambiente lótico com constante formação de vórtices e a profundidade média é de 28 m.  <i>Este é o mesmo "P03", amostrado para o EIA, quanto à QA e está próximo ao "EC03" e ao "SM2", amostrados para o EIA, quanto à ictiofauna e ao ictioplâncton, respectivamente.</i>
8	TP 06	495278	8984396	rio Teles Pires		Localizado a <b>40 km do fim do remanso no futuro reservatório da UHE São Manoel</b> , no braço lateral da margem direita do rio Teles Pires (na área a montante da enseadeira de primeira fase).

\* Pontos de coleta que também fazem parte da malha amostral do Programa de Monitoramento da Ictiofauna

**Quadro 11 - 2 – Malha amostral para coletas de qualidade da água, do sedimento e biota aquática (plâncton, bentos e macrófitas) na área de influência do reservatório da UHE São Manoel – pontos a jusante do eixo**

PONTO		COORDENADAS		CURSO D'ÁGUA	ÁREA	CARACTERÍSTICAS
		X	Y			
9	TP 07*	493941	8984326	rio Teles Pires	JUSANTE DO EIXO	Localizado a <b>400 m a jusante do eixo do futuro reservatório da UHE São Manoel</b> , logo a montante da foz do rio Apiacás. Possui fundo com cascalho solto e lajeados rochosos, com vegetação alta e densa, é um local com constante formação de vórtices. A profundidade média é de 17 m.  <i>Está próximo ao "EC02" e ao "SM1", amostrados para o EIA, quanto à ictiofauna e ao ictioplâncton, respectivamente.</i>
10	AP 01*	492449	8983753	rio Apiacás		Localizado a <b>1,5 km da foz com o rio Teles Pires</b> , no trecho final do rio Apiacás.  <i>Está próximo ao "P02", amostrado para o EIA, quanto à QA e está próximo ao "EC10" e ao "AP2", amostrados para o EIA, quanto à ictiofauna e ao ictioplâncton,</i>

PONTO		COORDENADAS		CURSO D'ÁGUA	ÁREA	CARACTERÍSTICAS
		X	Y			
						<i>respectivamente.</i>
11	<b>TP 08*</b>	495261	8991859	rio Teles Pires		<p>Localizado a <b>9 km a jusante do eixo do futuro reservatório da UHE São Manoel</b>, a montante da foz do rio São Benedito, é um ponto com vegetação alta e densa nas margens, fundo rochoso, com aflorações de cascalho e areia grossa remanescentes dos processos de exploração de ouro. É um local com alguns remansos marginais e profundidade média de 6 m.</p> <p><i>Este é o mesmo "P00", amostrado para o EIA, quanto à QA e está próximo ao "EC01" e ao "SB2", amostrados para o EIA, quanto à ictiofauna e ao ictioplâncton, respectivamente.</i></p>
12	<b>SB 01*</b>	498044	8992127	rio São Benedito		<p>Localizado a <b>2,5 km da foz com o rio Teles Pires</b>, no trecho final do rio São Benedito. Possui vegetação arbustiva e arbórea média em baixas densidades, com forte presença de matacões de cascalhos e areia grossa, fundo rochoso, é um local lótico com remansos marginais. A profundidade média é de 7 m.</p> <p><i>Este é o mesmo "P01", amostrado para o EIA, quanto à QA e está próximo ao "EC08" e ao "SB3", amostrados para o EIA, quanto à ictiofauna e ao ictioplâncton, respectivamente.</i></p>
13	<b>TP 09*</b>	493384	8996076	rio Teles Pires		<p>Localizado a <b>15 km a jusante do eixo do futuro reservatório da UHE São Manoel</b>, a jusante da foz do rio São Benedito.</p> <p><i>Este é o mesmo "SB1", amostrado para o EIA, quanto ao ictioplâncton.</i></p>

\* Pontos de coleta que também fazem parte da malha amostral do Programa de Monitoramento da Ictiofauna



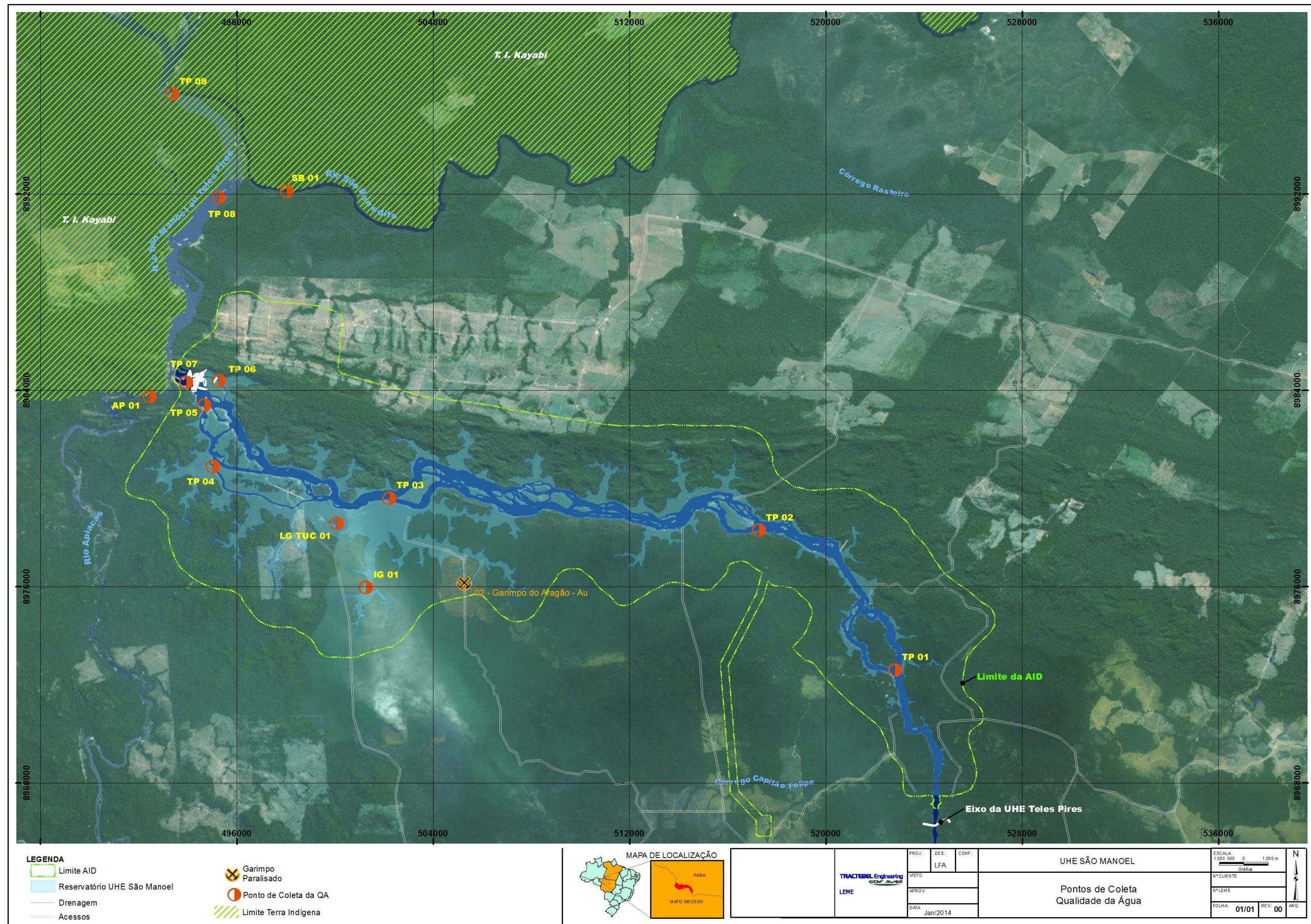


Figura 11 - 1 – Malha amostral do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água da UHE São Manoel.



## 11.6 Metodologia / Atividades a serem Desenvolvidas

Para a avaliação da qualidade das águas superficiais e do sedimento na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento, o presente Programa avaliará gradientes temporais e espaciais na área de monitoramento e já possui caráter executivo (é o próprio Plano de Trabalho) em sua plenitude (atendimento à condicionante 2.33 (a) da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013).

Para tanto, estão previstas as seguintes atividades: planejamento e realização das campanhas de campo para coletas de amostras; análises químicas e biológicas das águas superficiais e sedimentos; e, interpretação dos resultados. Ainda, no âmbito deste Programa, nova modelagem matemática de qualidade de água será realizada, para atendimento às condicionantes 2.28 e 2.29 da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013 e à condicionante 2.14 da Licença de Instalação N° 1017/2014, de 14 de agosto de 2014.

### 11.6.1 Campanhas de Campo

*Variáveis limnológicas e do sedimento: coletas e análises*

A periodicidade da coleta de água superficial, comunidades aquáticas (fitoplâncton, zooplâncton, bentos e macrófitas aquáticas) e sedimentos de fundo será mensal durante a etapa de implantação do empreendimento até o enchimento do reservatório (atendimento à condicionante 2.33 (d) da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013 e ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014).

O monitoramento limnológico (variáveis e a frequência de amostragem e medições a serem realizadas) durante o enchimento e estabilização do reservatório está apresentado no âmbito do Plano de Enchimento (atendimento à condicionante 2.27 da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013, ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014 e à condicionante 2.15 da Licença de Instalação N° 1017/2014, de 14 de agosto de 2014).

Já durante a operação do empreendimento, a periodicidade de coleta será determinada pelo Parecer do IBAMA que embasará a emissão da Licença de Operação da UHE São Manoel (atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014).

O Programa perdurará por toda vida útil do empreendimento (atendimento à condicionante 2.33 (c) da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013), alterando-se apenas a frequência de coletas praticada, e as variáveis selecionadas para análise, nas diferentes fases do empreendimento, conforme discussão e aprovação junto ao órgão ambiental (IBAMA).

O Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água na área de influência da UHE São Manoel no rio Teles Pires, rio Apiacás e rio São Benedito avaliará as variáveis físicas e químicas da água, além das comunidades biológicas (plâncton, bentos e macrófitas) conforme indicado no **Quadro 11 - 3**. Os pesticidas mencionados no

**Quadro 11 - 3** constam na Tabela I da Resolução CONAMA 357/2005 (atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014). As variáveis do sedimento estão apresentadas no **Quadro 11 - 4**. Os pesticidas mencionados no **Quadro 11 - 4** constam na Tabela III do Anexo da Resolução CONAMA 454/2012 (atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA, de 20 de junho de 2014). Ressalta-se que a análise de pesticidas será realizada no período das chuvas na região, época em que os pesticidas são detectáveis pelo favorecimento do carreamento de material alóctone.

Em campo, serão determinadas as variáveis profundidade, transparência, velocidade de corrente, temperatura do ar, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, turbidez, potencial redox e temperatura da água com o auxílio de equipamentos portáteis e sonda multiparamétrica. As condições do tempo e a ocorrência de chuvas (nas 24 h anteriores ou durante a coleta) também serão registradas. Ainda, em campo, os pontos de coleta serão caracterizados quanto ao substrato, à ocorrência de fontes pontuais ou difusas de poluição, à vegetação marginal e à ocupação da margem (vegetação natural, pastagem, agricultura, habitações, criação de animais, desmatamento).

As amostras de água serão coletadas em frascos de polietileno ou vidro e devidamente preservadas até o momento da análise das demais variáveis. As técnicas analíticas aplicadas às amostras de água para análises físicas, químicas e biológicas compreendem as descritas no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” da APHA (2005) e CETESB/ANA – Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos (2011).

**Quadro 11 - 3 – Variáveis do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água na área de influência da UHE São Manoel**

VARIÁVEL		MÉTODO / EQUIPAMENTO
1	Alcalinidade total	Titulometria com solução de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
2	Alumínio dissolvido	Espectroscopia atômica
3*	Antimônio	Espectroscopia atômica
4	Arsênio	Espectroscopia atômica
5	Cádmio	Espectroscopia atômica
6	Cálcio	Espectroscopia atômica
7	Carbono orgânico total	Combustão a alta temperatura e detecção por infravermelho
8	Carbono orgânico dissolvido	Combustão a alta temperatura e detecção por infravermelho
9	Chumbo	Espectroscopia atômica
10**	Cianeto	Espectrofotometria
11	Cloreto total	Cromatografia iônica
12	Clorofila-a	Extração em etanol 80%, Espectrofotometria
13	Cobre dissolvido	Espectroscopia atômica
14	Condutividade elétrica	Sonda multiparamétrica
15	Cor verdadeira	Método espectrofotométrico
16	Cromo	Espectroscopia atômica
17	DBO	Incubação e titulação método Winkler
18	DQO	Digestão e titulação

VARIÁVEL		MÉTODO / EQUIPAMENTO
19	Dureza total	Titulometria com solução de EDTA
20	Coliformes totais e <i>E. coli</i>	Incubação em substrato definido
21	Ferro dissolvido	Espectroscopia atômica
22	Fósforo total	Método colorimétrico, espectrofotometria
23	Fósforo orgânico	Método colorimétrico, espectrofotometria
24**	Índice de fenóis	Espectrofotometria
25	Mercúrio	Espectroscopia atômica
26*	Magnésio	Espectroscopia atômica
27	Manganês total	Espectroscopia atômica
28	Níquel	Espectroscopia atômica
29	Nitrogênio amoniacal	Cromatografia líquida
30	Nitrogênio Kjeldahl total	Digestão ácida, destilação e titulação
31	Nitrogênio orgânico	Espectrofotometria
32	Nitrato	Cromatografia líquida
33	Nitrito	Cromatografia líquida
34	Óleos e graxas	Gravimetria
35	Ortofosfato	Método colorimétrico, espectrofotometria
36	Oxigênio dissolvido	Sonda multiparamétrica
37*	Pesticidas⊗	Cromatografia gasosa – detector de massas
38	pH	Sonda multiparamétrica
39	Potássio	Espectroscopia atômica
40	Potencial redox	Sonda multiparamétrica
41	Profundidade	Sonar (batímetro)
42	Saturação de oxigênio	Sonda multiparamétrica
43	Sílica	Método colorimétrico
44	Sódio	Espectroscopia atômica
45	Sólidos totais dissolvidos	Sonda multiparamétrica
46	Sólidos totais	Método gravimétrico
47	Sulfato	Cromatografia líquida
48	Temperatura da água	Sonda multiparamétrica
49	Temperatura do ar	Sonda multiparamétrica
50	Transparência (Secchi)	Disco de Secchi
51	Turbidez	Sonda multiparamétrica
52	Velocidade de corrente	Correntômetros eletromagnéticos (S4) e de efeito Doppler (ADCP e ADP) ou molinete
53	Zinco	Espectroscopia atômica
<b>COMUNIDADES BIOLÓGICAS</b>		
	Fitoplâncton	Análises laboratoriais ( <i>detalhes a seguir</i> )
	Zooplâncton	Análises laboratoriais ( <i>detalhes a seguir</i> )
	Macrofauna bentônica	Análises laboratoriais ( <i>detalhes a seguir</i> )
	Macrófitas aquáticas	Análises laboratoriais ( <i>detalhes a seguir</i> )

\* Atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA

\*\* Atendimento à condicionante 2.33 (e) da Licença Prévia Nº 473/2013

⊗ Constantes na Tabela I da Resolução CONAMA 454/2012

**Quadro 11 - 4 – Variáveis do sedimento do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água na área de influência da UHE São Manoel**

VARIÁVEL		MÉTODO/EQUIPAMENTO
1	Alumínio	Espectroscopia atômica
2*	Arsênio*	Espectroscopia atômica
3	Cádmio	Espectroscopia atômica
4**	Cálcio	Espectroscopia atômica
5*	Carbono orgânico total*	Combustão a alta temperatura e detecção por Infravermelho
6	Chumbo	Espectroscopia atômica
7	Cobre	Espectroscopia atômica
8	Compostos organoclorados totais	Cromatografia gasosa
9	Compostos organofosforados totais	Cromatografia gasosa
10	Cromo	Espectroscopia atômica
11	Ferro	Espectroscopia atômica
12	Fósforo total	Método colorimétrico, espectrofotometria
13	Granulometria	Peneiramento, flotação e pipetagem
14**	Magnésio	Espectroscopia atômica
15	Manganês	Espectroscopia atômica
16	Matéria orgânica	Gravimetria
17	Mercúrio	Espectroscopia atômica
18	Níquel	Espectroscopia atômica
19	Nitrogênio Kjeldahl total	Digestão ácida, destilação e titulação
20**	Pesticidas⊗	Cromatografia gasosa – detector de massas
21	Porcentagem de sólidos	Gravimetria
22**	Potássio	Espectroscopia atômica
23**	Sílica	Espectroscopia atômica
24**	Sulfeto	Método colorimétrico, espectrofotometria
25	Zinco	Espectroscopia atômica

\* Atendimento à condicionante 2.33 (f) da Licença Prévia N° 473/2013

\*\* Atendimento ao Parecer 2478/2014 COHID/IBAMA

⊗ Constantes na Tabela III da Resolução CONAMA 357/2005

Especificamente quanto às medidas de arsênio, cianeto e índice de fenóis nas amostras de água superficial, e de arsênio e carbono orgânico total nas amostras de sedimentos (atendimento às condicionantes 2.33 (e) e (f) da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013), após análise e entrega de Relatório após o primeiro ano de implantação, será feita revisão da pertinência de suas medições com base nos dados já coletados.

A execução de perfis verticais conforme o **Quadro 11 - 5** (a cada metro para variáveis medidas por meio de sonda multiparamétrica e sub-superfície, meio e fundo para as variáveis carbono orgânico dissolvido e ortofosfato), em um ponto logo a montante do eixo (e.g. “TP 05”) em um ponto de coleta nos braços laterais do futuro reservatório (e.g. “TP 04”), e em um ponto logo a montante dos braços principais do reservatório da margem esquerda (e.g. “TP 03”) será trimestral no primeiro ano da fase de implementação do empreendimento (os resultados serão usados como dados de entrada para a nova modelagem matemática para atendimento à condicionante 2.28 da Licença



Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013). Após análise da nova modelagem matemática, será feita revisão da frequência de coletas e do conjunto de variáveis com base nos dados já coletados e definição da necessidade de continuidade da execução dos perfis.

**Quadro 11 - 5 – Variáveis do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água a serem medidas no perfil vertical de pontos de coleta na área de influência da UHE São Manoel**

VARIÁVEL		MÉTODO/EQUIPAMENTO
1	Carbono orgânico dissolvido	Combustão a alta temperatura e detecção por Infravermelho
2	Condutividade elétrica	Sonda multiparamétrica
3	Material em suspensão total	Método gravimétrico
4	Material em suspensão orgânico	Método gravimétrico
5	Material em suspensão inorgânico	Método gravimétrico
6	Ortofosfato	Método colorimétrico, espectrofotometria
7	Oxigênio dissolvido	Sonda multiparamétrica
8	pH	Sonda multiparamétrica
9	Potencial redox	Sonda multiparamétrica
10	Profundidade	Sonar (batímetro)
11	Saturação de oxigênio	Sonda multiparamétrica
12	Sólidos totais dissolvidos	Sonda multiparamétrica
13	Temperatura da água	Sonda multiparamétrica
14	Transparência (Secchi)	Disco de Secchi
15	Turbidez	Sonda multiparamétrica
16	Velocidade de corrente	Correntômetros eletromagnéticos (S4) e de efeito Doppler (ADCP e ADP) ou molinete

### 11.6.2 Análises das Amostras

*Variáveis das comunidades biológicas: coletas e análises*

#### *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 feitas coletas com rede de plâncton com 20 µm de abertura de malha, para auxiliar no estudo qualitativo. As amostras qualitativas do fitoplâncton serão fixadas com solução formaldeído 2% enquanto que as amostras quantitativas serão fixadas em solução Lugol Acético.

O estudo quantitativo do fitoplâncton será feito utilizando microscópio invertido, 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 do *taxon* 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 densidade dos organismos fitoplanctônicos será calculada de acordo com a fórmula descrita em Weber (1973) e serão expressos em células por litro (cel/L).

Seguindo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton (1986), os *taxa* dominantes serão aqueles cujas densidades superarem 50% da densidade total da amostra, e os *taxa* abundantes os que superarem a densidade média de cada amostra. A identificação taxonômica será feita utilizando-se trabalhos considerados pela comunidade científica (CUPP, 1943; HUBER-PESTALOZZI, 1955; PRESCOTT *et al.*, 1982; PARRA, 1982 a, b, c; PARRA, 1983; KRIENITZ, 1990; HUSZAR, 1985; PICELLI-VICENTIM, 1987; COMAS, 1996; BICUDO; MENEZES, 2006; THORP; COVICH, 1991).

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 feitas utilizando câmaras de Utermöhl ou Sedgwick Rafter.

#### *Comunidade Zooplanctônica*

As amostras para análise da comunidade zooplanctônica serão obtidas à sub-superfície com o auxílio de moto-bomba. Por amostra, 1.000 litros de água serão filtrados em rede de plâncton de 68  $\mu\text{m}$  de abertura de malha. O material coletado será mantido em frascos de polietileno e fixado em solução de formaldeído a 4% com adição de açúcar (HANNEY; HALL, 1973). Antes das análises, as amostras serão coradas com Rosa de Bengala para facilitar a visualização dos organismos nas amostras.

Em seguida, serão concentradas a volume conhecido (75 mL). A composição zooplanctônica será avaliada utilizando-se lâminas e lamínulas comuns, microscópio estereoscópico e microscópio óptico. As densidades dos *taxa* serão estimadas (em indivíduos por  $\text{m}^3$ ) 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. Considerando que o método de alíquotas não é suficiente para fornecer resultados satisfatórios de riqueza (apesar de fornecer uma estimativa satisfatória da densidade total, os *taxa* pouco abundantes podem não ocorrer nas alíquotas), após as contagens das alíquotas, será feita uma análise qualitativa das mesmas. Assim, em cada amostra, sub-amostras serão analisadas até que nenhuma novo *taxon* seja encontrado.

A riqueza será dada pelo número de *taxa* presentes em cada amostra. Seguindo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton (1986), os *taxa* dominantes serão aqueles cujas densidades superarem 50% da densidade total da amostra, e os *taxa* abundantes os que superarem a densidade média de cada amostra. A identificação taxonômica será feita utilizando-se trabalhos considerados pela comunidade científica (KOSTE, 1978; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; SMIRNOV, 1996).

#### *Comunidade da Macrofauna Bentônica*

Para a análise da macrofauna bentônica, o sedimento será coletado com draga de

Peterson somente nos pontos de coleta que permitirem esse tipo de amostragem. O material coletado, aproximadamente 2,0 kg, será acondicionado em saco plástico e fixado em solução de formaldeído a 4%. As amostras serão processadas com o auxílio de peneiras (abertura de malha 200  $\mu\text{m}$  e 125  $\mu\text{m}$ ) 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 das famílias, cada *taxon* será contado em cada amostra. As densidades dos *taxa* ( $\text{ind.m}^2$ ) serão calculadas de acordo com a área do amostrador Petersen. A densidade populacional obtida será expressa em número de organismos/ $\text{m}^2$ . Seguindo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton (1986), os *taxa* dominantes serão aquelas cujas densidades superarem 50% da densidade total da amostra, e os *taxa* abundantes os que superarem a densidade média de cada amostra. Para classificação taxonômica serão utilizadas bibliografias adequadas como Brinkhurst e Marchese (1989), Pennak (1978), Thorp e Covich (1991), Brinkhurst e Marchese (1992), Epler (1995), Lopretto e Tell (1995, tomos II e III), Trivinho-Strixino e Strixino (1995); Merritt e Cummins (1996), Fernández e Domínguez (2001) e Horne *et al.* (2002).

A capacidade da comunidade da macrofauna bentônica em responder rapidamente às perturbações ambientais de diferentes formas, o amplo espectro de respostas a estresses ecológicos e seu hábito de vida predominantemente sedentário ou com restrita mobilidade, atribuem a este grupo características singulares como bioindicadores. As famílias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera são as mais utilizadas como bioindicadoras da qualidade da água, devido sua sensibilidade aos impactos ambientais. Neste Programa, estas famílias serão correlacionadas com as análises físico-químicas para a elaboração de um diagnóstico mais robusto.

#### *Comunidade de Macrófitas Aquáticas*

Nos pontos de coleta, três locais de amostragem serão alocados aleatoriamente a partir da margem de 0,5, 1,0 e 1,5 m de profundidade. As macrófitas submersas serão coletadas com draga de Petersen (0,12 x 0,30 m). Enquanto que para as macrófitas flutuantes, será utilizado um quadrado (0,5 x 0,5 m). O material coletado será identificado através de chaves e consulta a especialistas no campo, quando possível e, em herbários. As macrófitas coletadas devem ser prensadas e secas em estufa para posterior identificação.

A escala de abundância de Domin-Krajina (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974) será utilizada para estimativa de cobertura para os grupos de macrófitas (1 = < 20%; 2 = 21% – 40%; 3 = 31% - 60%; 4 = 61% - 80%; 5 = 81% - 100% cobertura).

A determinação da biomassa das macrófitas aquáticas constitui um procedimento essencial para avaliação do crescimento vegetal, estoque de nutrientes e análise de fluxos de energia no ambiente (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003). A avaliação do grau de infestação por macrófitas aquáticas no reservatório da UHE São Manoel poderá ser feita através da estimativa de cobertura (escala de abundância de Domin-Krajina) e determinação de biomassa/ $\text{m}^2$ . A variação temporal da biomassa para as macrófitas mais

abundantes será feita através do método do quadrado (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003; MORAES *et al.*, 2004). O material submerso e flutuante deve ser coletado e separado em limbo, pecíolo, rizoma, raiz, ramo fértil, detritos. A biomassa viva e seca será determinada por metro quadrado. Depois de colhido e pesado no campo, o material será levado para estufa (80° C), por 24 horas, para determinação do peso seco.

Em detalhe, estandes de macrófitas entre os percursos utilizados do rio Teles Pires e afluentes na área de influência do empreendimento também serão registrados, especialmente nos braços do futuro reservatório. Dessa forma, a caracterização da comunidade de macrófitas será complementada pela identificação de áreas de ocorrência fora da malha amostral bem como de áreas com maior possibilidade de desenvolvimento de macrófitas aquáticas (*hotspots*). A estabilidade do nível do reservatório, sobretudo nos compartimentos laterais que terão maior tempo de residência da água, favorece inicialmente o crescimento de assembleias de macrófitas flutuantes.

### 11.6.3 Interpretação dos Resultados

#### *Banco de Dados e Georreferenciamento das Informações*

Todas as informações geradas no monitoramento do meio abiótico e biótico serão compiladas num banco de dados brutos. O banco será capacitado para armazenar dados de modo a facilitar o acesso aos dados obtidos pelo monitoramento. A base desse banco de dados constitui-se nos pontos de coleta 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.

#### *Análise Estatística dos Dados*

Inicialmente, será realizada análise exploratória de dados para se 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 fazer 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 espaciais e temporais 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 (McCUNNE; 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 produção de mapas e testes estatísticos aplicados a esses resultados na tentativa de facilitar a discussão.

A análise numérica dos dados biológicos compreenderá: riqueza, diversidade, equitabilidade, taxa abundantes, dominantes, raros e indicadores. A riqueza será considerada como o número de taxa em cada amostra. A riqueza de macrófitas aquáticas será também estimada através dos índices não paramétricos Jackknife e Chao 2 através do programa Stimates (COLWELL 1997). Estes índices levam em consideração a ausência/presença dos taxa e o número observado dos mesmos nos pontos de coleta. Análises quantitativas da biodiversidade deverão ser feitas utilizando os métodos descritos em Magurran (2004) e Colwell (2006). A diversidade específica ( $H'$ ), que expressa a quantidade de informação oferecida por cada *taxon* para a comunidade como o todo, será estimada pelo Índice de Shannon-Weiner (1963), a partir dos dados de densidade e expressa em  $\text{bits.ind}^{-1}$ . O índice de diversidade beta será aplicado nos dados da comunidade de macrófitas aquáticas para quantificar a substituição (*turnover*) na composição da comunidade. Este índice mede o quanto a composição da comunidade muda ao longo do gradiente ambiental (HARRISON *et al.*, 1992). Visando a utilização dos taxa planctônicos como indicadores de condições ambientais, será feita uma análise de indicadores (INDVAN), conforme descrito por Dufrêne e Legendre (1997).

O Índice de Estado Trófico de Carlson - IET, 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. O Índice de Qualidade da Água - IQA será determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e *E. coli*, temperatura, pH, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total.

#### **11.6.4 Elaboração da Nova Modelagem Matemática de Qualidade da Água**

Conforme condicionantes 2.28 e 2.29 da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013, a nova modelagem matemática permitirá a visualização da evolução das variáveis de qualidade de água durante todo o período de enchimento e estabilização do

reservatório nas direções vertical e longitudinal do seu corpo principal e dos seus braços laterais.

Serão utilizados os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento (água superficial e sedimentos de fundo) como dados de entrada na elaboração da nova modelagem bem como considerada a remobilização para a coluna d'água de nutrientes retidos nos sedimentos.

Cenários de estratificação química e térmica serão contemplados assim como novos cenários de desmatamento (ênfase na manutenção ou rápida recuperação das concentrações de fósforo em valores inferiores a 0,03 ml/L nos segmentos lênticos do reservatório – braços laterais).

### **11.7 Indicadores**

Para o presente Programa, o indicador de desempenho será medido pelo:

- Número de pontos de coleta amostrados;
- Número de coleta de amostras de água, de sedimentos, e de biota aquática (fitoplâncton, zooplâncton, bentos e macrófitas); e,
- Número de variáveis analisadas.

### **11.8 Produtos**

A análise e interpretação dos dados e resultados obtidos nas campanhas limnológicas e coleta de amostras de sedimento ao longo do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água serão apresentados para avaliação do órgão ambiental (IBAMA) na forma de relatórios com frequência semestral. Para estes relatórios semestrais, deverá ser enfatizado se os objetivos do referido Programa estão sendo devidamente desenvolvidos e atendidos.

Em detalhe, para atendimento à condicionante 2.33 (i) da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013, os dados que serão obtidos no monitoramento de sedimentos de fundo na área do reservatório da UHE São Manoel serão analisados em conjunto com os dados gerados pelo monitoramento da Companhia Hidrelétrica Teles Pires (CHTP) no âmbito do licenciamento ambiental da UHE Teles Pires, visando esclarecer o comportamento dos sedimentos após o fechamento do barramento da UHE Teles Pires, servindo de referência para a definição da magnitude e da importância do impacto provocado pela concentração de fósforo nos sedimentos do reservatório da UHE São Manoel e das possíveis medidas mitigadoras a serem realizadas anteriormente ao enchimento do reservatório.



## **11.9 Interface com Outros Planos e Programas**

A análise técnica dos resultados ambientais do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água será de forma sistêmica englobando dados do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, Programa de Investigação de Contaminação do Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório, Programa de Monitoramento da Ictiofauna, Programa de Interação e Comunicação Social, Programa de Educação Ambiental, Plano de Enchimento do Reservatório, Modelagem Matemática da Qualidade da Água e Plano Ambiental de Uso e Conservação do Entorno do Reservatório Artificial.

Em detalhe, para atendimento à condicionante 2.29 da Licença Prévia N° 473/2013, de 29 de novembro de 2013, a integração do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água com o Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, possibilitará a identificação de sítios capazes de reter sedimento, no leito atual do rio Teles Pires auxiliando na definição de medidas de mitigação a serem adotadas, para evitar possível liberação de nutrientes adsorvidos nos sedimentos durante a fase de enchimento do reservatório. A análise da evolução temporal e espacial das variáveis contempladas no Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água subsidiará adequações na modelagem matemática de qualidade de água.

## **11.10 Parcerias Recomendadas**

As parcerias recomendadas contemplam a formação de uma rede de pesquisadores das instituições de ensino superior (Universidade Federal do Mato Grosso, Universidade do Estado do Mato Grosso e Universidade Federal do Pará) e de pesquisa (Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), entre outros, com experiência em estudos limnológicos na região Amazônica.

## **11.11 Equipe Técnica Envolvida**

A equipe técnica deverá ser alocada por empresa especializada na realização das ações previstas, e deve ser formada por hidrobiogeoquímicos e/ou limnólogos, biólogos e técnicos.

## **11.12 Referências Bibliográficas**

AGOSTINHO, A. A. (1995) Considerações sobre a atuação do setor elétrico na preservação da fauna aquática e dos recursos pesqueiros. In: COMASE/ELETOBRÁS. Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro. Caderno 4: estudos e levantamentos. Rio de Janeiro, p. 8-19.



APHA. (2005) Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. American Public Health Association, Washington. 1368 p.

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. (2006) Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. São Carlos, RIMA, 502 p.

BRASIL. (1988) Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília.

BRASIL. (1997) Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei Nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei Nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CNRH. (2008) Resolução Nº 91, de 5 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Brasília.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. (2010) RESOLUÇÃO Nº 3 – Dispõe sobre as condições e os procedimentos a serem observados pelos concessionários e autorizados de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas visando ao monitoramento pluviométrico, limnimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado a aproveitamentos hidrelétricos, e dar outras providências. Brasília, 6 p.

BRASIL. (2011) Lei Complementar Nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. (2011) RESOLUÇÃO Nº 129 – Dispõe sobre a reserva da seção do rio Teles Pires. Brasília, 5 p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. (2012) RESOLUÇÃO CONAMA Nº 454 - Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Brasília, 11 p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. (2005) RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357 complementada pela Resolução CONAMA Nº 393/07 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 24 p.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. (1998) INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 145 – Estabelece normas para a introdução, reintrodução e transferência de peixes, crustáceos, moluscos, e macrófitas aquáticas para fins de aquicultura, excluindo-se as espécies animais ornamentais. Brasília, 10 p.

BRINKHURST, R.O.; MARCHESE, M.R. (1989) Guide of the freshwater aquatic Oligochaeta of South and Central America. Colección.Climax, v. 6.

BRINKHURST, R.O.; MARCHESE, M. (1992) Guía para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centroamérica. 2. ed. Asociación de Ciências Naturales del Litoral, Colección Clímax, v. 6.

COLWELL, R. K. (2006) Estimates 8.0 User's Guide  
<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

COLWELL, R. K. (1997) Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. User Guide. Web site: [viceroy.eeb.uconn.edu/estimates](http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates).

COMAS, A. (1996) Las Chlorococcales dulce acuícolas de Cuba. Bibl. Phycol Cuba, 228 p.

CETESB/ANA. (2011) Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. 326p.

CUPP, E. E. (1943) Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull., Scripps Institute of Oceanography. Univ. California Press. Berkley and Los Angeles. Los Angeles, 237 p.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs 67(3): 345-366.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. (1997) Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Editora Universa - UCB, 16p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE/LEME-CONCREMAT. (2010) Estudo de Impacto Ambiental da Usina São Manoel.

EPLER, J. H. (1995) Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida. Revised edition. Depart. of Envir. Protection of Florida, 450 p.

FERNÁNDEZ H.R.; DOMÍNGUEZ E. (2001) Guía para la Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Secretaría de la Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, 281 p.

HANNEY, J.F.; HALL, D.J. (1973) Sugarcoated *Daphnia*: a preservation technique for Cladocera. Limnol. Oceanogr., 18: 331-333.

HARRISON, S., ROSS, S. J. & LAWTON, J. H. (1992) Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology* 61: 141-148.

HORNE, D.J.; COHEN, A.; ARTENS, K. (2002) Taxonomy, morphology and living Ostracoda. In: HOLMES, J.A.; CHIVAS, A.R. (Eds). *The Ostracoda applications in quaternary research*. Washington, DC.

HUBER-PESTALOZZI, G. Das. (1955) *Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie* 4. Teil: Euglenophyceen. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, Germany, 606 p.

HUSZAR, V. L. M. (1985) Algas planctônicas da lagoa de Juturnaíba, Araruama, RJ, Brasil. *Rev. Bras. Biol. Rio de Janeiro*, 8: 1-19.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. (1998) *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Upper Saddle River: Prentice Hall. 662 p.

KOSTE, W. (1978) *Rotatoria. Die Radertiere Mitteleuropas. Bestimmungswerk begründet von Max Voit. Überordnung Monogononta. vol 1-2*, 643 p + 234 p.

KRIENITZ, L. (1990) Coccale Grünalgen der mittleren Elbe. *Limnologica*, 21, 165 p.

LAMPARELLI, M. C. (2004) Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Universidade de São Paulo São Paulo, 235 p.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. (1986) Estructuras de lãs fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocadura de rios y esteros de la zona central de Chile. *Revista Biologia Marinha*, 22 (1): 143-170.

LOPRETTO, E. C.; TELL, G. (1995) *Ecosistemas de aguas continentales: Metodologias para su estudio. Tomos I, II e III*. Argentina: Ediciones Sur. 1401 p.

MAGURRAN, A. E. (2004) *Measuring biological diversity*. Blackwell Pub., Oxford. 256 p.

McCUNNE, B.; MEFFORD, M. J. (1999) *Multivariate analysis of ecological data, version 4.0*. Mjrm.software designs Oregon.

MARGALEF, R. (1983) *Limnologia OMEGA* Barcelona, 1009 p.

MORAES, A. R.; ESPINDOLA, E. L. G.; FARIA, O. B.; LOPES-FERREIRA, C.; BITTAR, A. L. (2004) Biomassa, estoque de nutrientes e metais em macrófitas aquáticas do Reservatório de Salto Grande, Americana, SP. In: ESPINDOLA, E. L. G.; LEITE, M. A.; DORNFELD, C. B. (eds.). *Reservatório Salto Grande (Americana, SP): Caracterização, Impactos e Propostas de Manejo*. Editora Rima. São Carlos, 484 p.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. (1974) Aims and methods of vegetation ecology. Wiley New York. 62 p.

PARRA, O. O. (1982 a) Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales, com referencia al plancton de Chile. II. Crhysophyceae e Xantophyceae. Concepción: Ed. Universidad de Concepción Concepcion, 82 p.

PARRA, O. O. (1982 b) Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales, com referencia al plancton de Chile. III. Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae. Concepción: Ed. Universidad de Concepción. Cconcepción, 99 p.

PARRA, O. O. (1982 c) Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales, com referencia al plancton de Chile. IV. Bacillariophyceae. Concepción: Ed. Universidad de Concepción. Concepción, 97 p.

PARRA, O. O. (1983) Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales, com referencia al plancton de Chile. V. Chlorophyceae. Concepción: Ed. Universidad de Concepción. Concepción, 353 p.

PENNAK, R. W. (1978) Freshwater invertebrates of the United States. 2<sup>ª</sup>ed., Jonh Wiley & Sons, New York. 803 p.

PICELLI-VICENTIN, M. N. (1987) Chlorococcales planctônicas do Parque Regional do Iguaçu, Curitiba, Estado do Paraná. Revista Brasileira de Biologia, 47 (1/2): 57-85.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. (2003) Macrófitas Aquáticas e Perífiton. Aspectos Ecológicos e Metodológicos. FAPESP. São Paulo, 124 p.

PRESCOTT, G. W.; BICUDO, C. E. M.; VINYARD, W. C. (1982) A synopsis of North American desmids. Part II. Desmidiaceae: Placodermae. Section 4. University of Nebraska Press. Nebraska, 700 p.

SHANNON, C. E.; W. WEINER. (1963) The mathematical theory of communication. University of Linois Press, Linois, 145 p.

SMIRNOV, N. N. (1996) Cladocera: the Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the World. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. SPB Academic Publishing. 197p.

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, Maringá, p. 19-37.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (1999) Limnologia: enfoques e importância para o manejo de recursos hídricos. Cadernos da Biodiversidade 2: 11-26.

THORP, J. H.; COVICH, A. P. (1991) Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. San Diego: Academic Press. 911p.

TRIVINHO-STRIXINO S.; STRIXINO G. (1995) Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de Identificação e Diagnose de Gêneros. PPG- ERN/UFSCar, São Carlos. 229 p.

UTERMÖHL, H. (1958) Zur Vervollkomrnung ver quan- titativen Phytoplankton- Methodic. Mitt. Int. Verein. Limnol. 9: 1-38.

WEBER, C. I. (1973) Plankton. In: National environmental research center office of research and development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati (Eds). Biological field and laboratory methods for measuring the quality of surface water and effluents. New York, 18 p.

### **11.13 Cronograma Físico**

As atividades do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água da UHE São Manoel estão indicadas no cronograma físico a seguir.

