

Projeto Básico Ambiental (PBA)

UHE Teles Pires

P.12 - Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água

Equipe Responsável pela Elaboração do Programa			
Responsável	Registro Profissional	Cadastro Técnico Federal – IBAMA	Assinatura
Fernanda Teixeira e Marciano	CRBio 26227/01-D	2947737	
Guilherme Alba Pereira Barco	CREA 5061502386	2748256	
Patrícia Monte Stefani	CRBio 79758/01-D	2341985	

Controle de Revisão			
Revisão	Data	Descrição	Responsável/ Empresa
00	03/03/2011	Revisão Técnica	Renata Cristina Moretti/ JGP Consultoria e Participações Ltda.
01	03/05/2011	Revisão Técnica	Fernanda Teixeira e Marciano/JGP Consultoria e Participações Ltda.
02	20/07/2011 (Versão Final)	Revisão Técnica motivada pelo Parecer Técnico N° 60/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA	Fernanda Teixeira e Marciano/Patrícia Monte Stefani/JGP Consultoria e Participações Ltda.

P.12 - Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água

1. Introdução/Justificativa

O Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água faz parte do Programa Básico Ambiental (PBA) da Usina Hidrelétrica Teles Pires – UHE Teles Pires, que subsidiará a solicitação da Licença de Instalação para esse empreendimento junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis – IBAMA.

Este Programa foi elaborado com base no Estudo de Impacto Ambiental – EIA da UHE Teles Pires (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) e no Parecer Técnico nº. 111/2010 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 10 de dezembro de 2010, que apresenta a análise técnica do EIA-RIMA e dos documentos correlatos referentes ao empreendimento, visando à emissão de parecer quanto à viabilidade ambiental do empreendimento e da Licença Prévia nº 386/2010, de 13 de dezembro de 2010.

O presente Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água atende às condicionantes 2.9 e 2.11 da Licença Prévia Nº 386/2010, de 13 de dezembro de 2010, e aos itens 5.3.1.15, 5.3.1.16, 5.3.1.17 e 9.10 do Parecer Técnico Nº 111/2010 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA. A condicionante 2.11, especificamente, deveria ter sido atendida no Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico (P.11), mas foi incluída no escopo do presente Programa com o intuito de otimizar a alocação de equipe e organizar os processos de coleta de sedimento e análise de resultados, e correlação dos mesmos com os resultados de qualidade da água.

Este Programa foi proposto para prevenir, controlar e/ou mitigar os impactos “Alteração do regime fluvial”, “Alteração das características hidráulicas de escoamento”, “Retenção de sedimentos no reservatório”, além de impactos que os recursos hídricos causam sobre o meio biótico, como “Alteração da Qualidade da água a jusante da barragem”, “Alteração do estado trófico da água”, “Redução das condições de oxigenação da água a montante da barragem” e “Crescimento Excessivo de Macrófitas Aquáticas”, todos analisados no EIA-RIMA da UHE Teles Pires (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010). É importante mencionar que o monitoramento limnológico permitirá a adoção de medidas de controle emergenciais sobre as eventuais alterações ambientais decorrentes da construção da UHE, possibilitando o aprimoramento das previsões relacionadas à qualidade das águas.

O local previsto para a implantação do eixo do barramento da UHE Teles Pires está inserido no baixo curso do rio Teles Pires, no limite a jusante de uma sequência de corredeiras e cachoeiras conhecidas como Sete Quedas, a aproximadamente 329 km da foz do rio Teles Pires.

O PBA inicialmente previa a realização do monitoramento em 13 (treze) estações de coleta limnológica, que incluíam um ponto de coleta entre o lançamento do efluente da ETE e o ponto de captação de água bruta da ETA do canteiro industrial da ME (P13). Entretanto, com a mudança da localização do alojamento e dos equipamentos adjacentes (ETA, ETE, aterro

sanitário, entre outros), realizou-se uma adequação dessa malha amostral, passando a 12 (doze) pontos de monitoramento, conforme apresentado na **Tabela 6.1.a**.

A região do monitoramento abrange os rios Teles Pires, Paranaíta, Apiacás, São Benedito, Vileroy e Oscar Miranda, inseridos na Área de Influência Direta (AID) do empreendimento, que consideram as regiões a montante e a jusante do eixo do AHE Teles Pires. Neste trecho, farão parte do monitoramento 06 (seis) estações limnológicas no rio Teles Pires, 02 (duas) no rio Paranaíta, e 01 (uma) em cada um dos demais rios citados, além de 03 (três) estações localizadas dentro do reservatório e na área a jusante, entre a barragem e a foz do rio Apiacás.

O monitoramento limnológico irá contribuir com o acompanhamento das possíveis alterações sazonais naturais do rio Teles Pires e daquelas provenientes das diferentes etapas da construção e operação da UHE Teles Pires. Justifica-se, assim, o monitoramento com base no acompanhamento sistematizado de parâmetros indicadores da evolução da qualidade ambiental (aspectos físicos, químicos e biológicos), considerando o potencial modificador que é a instalação do empreendimento. Ponderando essas premissas, este Programa será elaborado para as fases do pré e pós-enchimento do reservatório. As atividades relacionadas à fase de enchimento do reservatório estão alocadas no Plano de Enchimento do Reservatório, conforme solicitado na condicionante 2.8 da LP N° 386/2010.

Os dados gerados no Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água serão compartilhados com os Programas de Monitoramento e Controle de Macrófitas (ver **Anexo 7 do Relatório Demonstrativo do Atendimento às Condicionantes, Volume I do Requerimento de LI**), Monitoramento da Ictiofauna (P.25), e com a modelagem matemática de qualidade da água (realizada em atendimento à condicionante n° 5 do Parecer Técnico n° 111/2010 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA), que orientará o Programa de Desmatamento e Limpeza do Reservatório e das Áreas Associadas à Implantação do Projeto (P.03).

Está prevista, também, a realização de monitoramento em tempo real de algumas variáveis físico-químicas selecionadas, em duas estações no rio Teles Pires, imediatamente a montante e a jusante do eixo da barragem. Porém, este monitoramento tem o objetivo de acompanhar as alterações na qualidade da água durante a fase de enchimento do reservatório e, portanto, não será tratado no âmbito do presente programa, pois é abordado no *Plano de Enchimento Controlado do Reservatório*, elaborado em atendimento à condicionante 2.8 da LP N° 386/2010 e item 4 do Parecer Técnico N° 111/2010 - COHID/CGENE/DILIC/IBAMA.

2. Objetivos

O objetivo geral deste Programa é monitorar as variáveis limnológicas e da qualidade de água e sedimento (físicas, químicas e biológicas) nos rios Teles Pires e Paranaíta, em trechos localizados na Área de Influência Direta (AID) do AHE Teles Pires.

Como objetivos específicos, este Programa apresenta:

- Contribuir com o aumento do conhecimento das características limnológicas e da qualidade de água na área de influência direta (AID);
- Caracterizar limnologicamente os rios Teles Pires e Paranaíta, antes das obras de implantação do empreendimento, e durante as fases de construção e operação;
- Detectar alterações na qualidade da água a montante e a jusante do eixo do futuro reservatório;
- Na operação, detectar alterações na qualidade da água na área do reservatório;
- Monitorar e classificar continuamente a qualidade de água através da aplicação dos Índices de Qualidade de Água (IQA) e Índices de Estado Trófico (IET);
- Selecionar as variáveis indicadoras deste sistema que possam subsidiar ações corretivas e programas ambientais relacionados aos ecossistemas aquáticos;
- Subsidiar o modelo matemático de qualidade de água através das variáveis analisadas.

3. Metas

O Programa tem como meta caracterizar as condições limnológicas e da qualidade da água na área de influência direta (AID) da UHE Teles Pires, em escalas espacial e temporal, detectando as principais alterações em função da implantação e operação da UHE.

4. Área de Abrangência

A área de estudo do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água compreende os rios Teles Pires e o rio Paranaíta, em trechos inseridos na Área de Influência Direta (AID) da UHE Teles Pires.

5. Base Legal e Normativa

Este Programa atende ao Parecer Técnico N° 111/2010 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, de 10 de dezembro de 2010, e à Licença Prévia N° 386/2010 de 13 de dezembro de 2010. Além destes, outros instrumentos legais estão relacionados com o programa:

- Resolução ANA N° 621, de 19 de novembro de 2010, que dispõe sobre a reserva de disponibilidade hídrica;
- Resolução Conjunta ANEEL-ANA N° 3, de 10 de agosto de 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;
- Resolução CONAMA N° 357/05, 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

- Resolução CONAMA N° 344/04, estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação dos sedimentos.

6. Metodologia/Atividade a serem desenvolvidas

6.1 Localização das estações de coleta

Para que a caracterização limnológica e de qualidade de água realizada durante os estudos do EIA-RIMA da UHE Teles Pires possa ser utilizada como linha base comparativa para as análises do monitoramento proposto no presente Programa, recomenda-se que o mesmo contemple minimamente as mesmas estações de coleta do EIA (**Tabela 6.1.a**).

Além das 08 (oito) estações de coleta amostradas no EIA, 03 (três) segmentos do reservatório, analisados na utilização do modelo matemático de qualidade de água, farão parte da malha amostral do Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade de Água (P.12), a saber: segmentos 9, 15 e 19. A inclusão desses segmentos, que correspondem às áreas mais profundas do curso central do reservatório, atende ao Parecer Técnico n° 111/2010 - COHID/CGENE/DILIC/IBAMA. Esses 03 pontos serão analisados em perfil vertical, em três profundidades.

Para atender à Resolução ANA n° 621/2010, 02 (dois) outros novos pontos de coleta serão incluídos: os braços do reservatório correspondentes aos rios Oscar Miranda (P09) e Vileroy (P10). Esses dois pontos e os oito analisados no EIA terão suas análises realizadas somente na camada superficial da água.

Os Pontos localizados no rio São Benedito (P11) e Apiacás (P12), além de atender a recomendação Parecer Técnico n°. 111/2010, satisfazem as solicitações referentes ao Componente Indígena elencadas pela FUNAI no Ofício n°521/2010/PRES-FUNAI-MJ, de 10 de dezembro de 2010.

Para atender à condicionante 2.11 da LP N° 386/2010, que solicita a inclusão das análises dos metais alumínio, ferro, manganês e bário no âmbito do Programa de Monitoramento Hidrossedimentológico, foram incluídas, neste Programa de Monitoramento Limnológico e de Qualidade da Água (P.12), essas quatro variáveis solicitadas (Al, Fe, Mn e Ba), nas análises de sedimentos coletados nas 12 estações de coleta apresentadas na **Tabela 6.1.a**.

A **Tabela 6.1.a** e a **Figura 6.1.a** apresentam a localização das estações de coleta para monitoramento limnológico e qualidade da água.

Tabela 6.1.a**Localização das estações de coleta para monitoramento limnológico e de qualidade a água.**

Estação de Coleta	Rio	Coordenadas	Localização/Município (MT)	Análise
P01	Teles Pires	21L 524496/ 8968549	Jusante do eixo do barramento. Ambiente lótico com presença de corredeiras. Fundo rochoso.	Em superfície.
P02A	Teles Pires	21L 526427/ 8960174	Montante do eixo do empreendimento, imediatamente a montante da futura barragem, a jusante do rio Paranaíta.	Em superfície.
P02B	Teles Pires	21L 525080/ 8962607	Segmento 15 do modelo matemático, próximo à foz do rio Oscar Miranda, a jusante da foz do rio Paranaíta.	Em perfil vertical, em três profundidades.
P02C	Teles Pires	21L 524468/ 8964295	Segmento 19 do modelo matemático, próximo à foz do rio Oscar Miranda, a jusante da foz do rio Paranaíta.	Em perfil vertical, em três profundidades
P03	Paranaíta	21L 532413/ 8950536	Próximo a ponte de madeira da MT 206. Área com vegetação alta e densa nas margens, com várias propriedades rurais.	Em superfície.
P04	Paranaíta	21L 538650/ 8937587	Na área de remanso do braço do reservatório no rio Paranaíta. Área margeada com uma vegetação alta e densa, fundo rochoso e exploração da atividade pecuária.	Em superfície.
P05A	Teles Pires	21L 531615/ 8963621	Na área do futuro reservatório, a montante da foz do rio Paranaíta, próxima a um conjunto de pequenas quedas de água, numa região lótica, rochosa e com vegetação alta e densa.	Em superfície.
P05B	Teles Pires	21L 533215/ 8963773	Segmento 9 do modelo matemático, a montante da foz do rio Paranaíta.	Em perfil vertical, em três profundidades.
P06	Teles Pires	21L 547143/ 8961857	Na área do futuro reservatório, a jusante da Balsa do Cajueiro, região com vegetação alta e densa no seu entorno, fundo rochoso e uma profundidade média de aproximadamente 12 m.	Em superfície.
P07	Teles Pires	21L 564092/ 8952731	Na área do futuro reservatório, a montante da Balsa do Cajueiro, numa região com vegetação alta e densa no seu entorno e profundidade média de aproximadamente 13 m.	Em superfície.
P08	Teles Pires	21L 575346/ 8944430	Na área do futuro reservatório, na região de remanso, próxima ao rio Santa Helena.	Em superfície.
P09	Oscar Miranda	21L 524249/ 8963775	Na área do futuro reservatório, no rio Oscar Miranda, próximo à confluência com o rio Teles Pires, a jusante da foz do rio Paranaíta.	Em superfície.
P10	Vileroy	21L 524267/ 8965782	Rio Vileroy, próximo à confluência com o rio Teles Pires.	Em superfície.
P11	São Benedito	21L 496542/ 8993674	Ponto localizado próximo a confluência dos rios São Benedito e Teles Pires, no município de Paranaíta. (acesso pela margem esquerda).	Em superfície.
P12	Apiacás	21L 493252/ 8984496	Ponto localizado próximo a confluência dos rios Apiacás e Teles Pires, a jusante da UHE Foz do Apiacás, no município de Paranaíta. (acesso pela margem direita).	Em superfície.

6.2 Periodicidade das amostras

A periodicidade amostral dos parâmetros físicos, químicos e biológicos deve ser mensal, de acordo com a condicionante 2.9 (item *b*) da Licença Prévia N° 386/2010 – IBAMA, de 13 de dezembro de 2010.

Idealmente, a cada trimestre, as coletas do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água (P.12) devem ser realizadas concomitantemente às coletas do Programa de Monitoramento da Ictiofauna (P.25).

6.3 Procedimentos metodológicos de coleta para qualidade de água superficial e sedimentos

Para a avaliação da qualidade da água deste Programa foram selecionados os parâmetros, listados nos **Quadro 6.3.a e 6.3.b**, que permitem caracterizar os aspectos referentes à poluição orgânica e química, à biota aquática e ao estado trófico dos corpos hídricos. As análises de sedimento (**Quadro 6.3.c**) devem ser analisados nos mesmos pontos de coleta de qualidade de água superficial.

As amostragens devem ser realizadas de forma a representar a variação da qualidade da água ao longo do gradiente vertical. O critério a ser adotado para a definição da quantidade de amostras por ponto é a profundidade; em pontos de até 10 m de profundidade, apenas uma amostra deve ser coletada, em pontos com profundidade entre 10 e 25 m de profundidade, duas amostras devem ser coletadas, e em pontos com profundidade superior a 25 m, três amostras devem ser coletadas. Quando a coleta superficial, as amostras de água devem ser coletadas subsuperficialmente (0 - 20 cm de profundidade) e armazenadas em frascos de vidro de 1 litro cor âmbar, ou em frascos plásticos de 500 mL e 50 mL, dependendo do tipo de análise. No caso de amostragem em profundidade, deve ser utilizada a garrafa de Van Dorn ou amostrador equivalente.

As análises de oxigênio dissolvido, saturação de OD, condutividade, temperatura da água, temperatura do ar, pH e transparência da água devem ser medidas *in loco*. As demais determinações das amostras de água e de sedimento serão preservadas para posterior análise em laboratório. As amostras devem ser conservadas em caixas portáteis de isopor e transportadas em condições de resfriamento com gelo sólido acondicionado em sacos plásticos.

As variáveis analisadas neste Programa serão comparadas aos valores de referência das Resoluções CONAMA n°. 357/2005 e n°. 344/2004.

Quadro 6.3.a

Parâmetros físicos, químicos e biológicos para análise na água. (*) Variáveis que darão subsídios à aplicação da modelagem matemática de qualidade de água

Parâmetro	Unidade de medida	Limite recomendado na Resolução CONAMA 357/05
Alcalinidade Total (*)	mg/L	-
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1 mg/L
Arsênio	mg/L	0,01 mg/L
Bário	mg/L	0,7 mg/L
Boro	mg/L	0,5 mg/L
Cádmio	mg/L	0,001 mg/L
Cálcio (*)	mg/L	-
Carbono orgânico total (*)	mg/L	-
Carbono orgânico dissolvido (*)	mg/L	-
Chumbo	mg/L	0,01 mg/L
Cloreto total (*)	mg/L	250 mg/L
Clorofila <i>a</i> (*)	µg/L	30 µg/L
Cobalto	mg/L	0,05 mg/L
Cobre dissolvido	mg/L	0,009 mg/L
Condutividade elétrica (*)	µS.cm-1	-
Cor verdadeira	mgPt/L	75 mgPt/L
Cromo	mg/L	0,05 mg/L
DBO (*)	mg/L	5 mg/L
DQO	mg/L	-
Dureza Total (*)	mg/L	-
Bactérias Coliforme Termotolerantes	UFC/100mL	1.000 UFC
Ferro Dissolvido (*)	mg/L	0,3 mg/L
Fluoreto	mg/L	1,4 mg/L
Fósforo Total (*)	mg/L	0,05 mg/L
Fósforo orgânico (*)	mg/L	-
Ortofosfato (*)	mg/L	-
Índice de Fenóis	mg/L	0,03 mg/L
Lítio	mg/L	2,5 mg/L
Magnésio (*)	mg/L	-
Manganês total (*)	mg/L	0,1 mg/L
Materiais Flutuantes	ausentes	ausentes
Merúrio	mg/L	0,0002 mg/L
Níquel	mg/L	0,025 mg/L
Nitrogênio amoniacal (*)	mg/L	3,7 mg/L
Nitrogênio Kjeldahl total (*)	mg/L	10 mg/L
Nitrogênio orgânico (*)	mg/L	-
Nitrato (*)	mg/L	10 mg/L
Nitrito (*)	mg/L	1 mg/L
Óleos e Graxas	ausentes	ausentes
Oxigênio Dissolvido (*)	mg/L	5 mg/L
pH (*)	6-9	6-9
Potássio (*)	mg/L	-
Potencial de oxirredução		-
Salinidade	‰	-
Saturação de Oxigênio	%	-
Sílica	mg/L	-

Quadro 6.3.a

Parâmetros físicos, químicos e biológicos para análise na água. (*) Variáveis que darão subsídios à aplicação da modelagem matemática de qualidade de água

Parâmetro	Unidade de medida	Limite recomendado na Resolução CONAMA 357/05
Sódio (*)	mg/L	-
Sólidos Totais Dissolvidos (*)	mg/L	500 mg/L
Sólidos Totais (*)	mg/L	-
Sulfato (*)	mg/L	-
Temperatura da água (*)	°C	-
Temperatura do ar	°C	-
Transparência (Secchi)	m	-
Turbidez	NTU	100 NTU
Vanádio	mg/L	0,1 mg/L
Zinco	mg/L	0,18 mg/L

Cabe mencionar que os parâmetros Carbono Orgânico Dissolvido e Ortofosfato foram incluídos na listagem dos parâmetros, em função da Condicionante 2.9 (item *a*) da Licença Prévia nº 386, de 13 de dezembro de 2010.

É importante ressaltar, que alguns parâmetros determinados nos estudos primários (EPE/LEME-CONCREMAT, 2010) apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção do método analítico (**Quadro 6.3.b**). Entretanto, conforme recomendado no Parecer Técnico Nº 60/2011 – COHID/CGENE/DILIC/IBAMA, esses parâmetros também serão incluídos nos monitoramentos limnológicos nas fases de pré-instalação, instalação e operação.

Quadro 6.3.b

Parâmetros físicos, químicos e biológicos para análise na água. (*) Variáveis que darão subsídios à aplicação da modelagem matemática de qualidade de água

Parâmetro	Unidade de medida	Limite recomendado na Resolução CONAMA 357/05
Antimonio	mg/L	0,005 mg/L
Berílio	mg/L	0,04 mg/L
Cianeto	mg/L	0,005 mg/L
Corantes artificiais	ausentes	ausentes
PCB's bifenilas policloradas	µg/L	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	mg/L	0,009 mg/L
Prata	mg/L	0,01 mg/L
Selênio	mg/L	0,01 mg/L
Sulfeto	mg/L	-
Urânio	mg/L	0,02 mg/L

Quadro 6.3.c**Parâmetros físicos e químicos para análise no sedimento**

Parâmetro	Unidades de medida
Granulometria	(Suspensão 1:1)
pH	% p/p
Porcentagem de Sólidos	% p/p
Matéria Orgânica	mg/kg
Fósforo Total	% p/p
Carbono Orgânico	mg/kg
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/kg
Alumínio	mg/kg
Ferro	mg/kg
Manganês	mg/kg
Bário	mg/kg
Mercúrio	mg/g
Cromo	mg/kg
Cobre	mg/kg
Níquel	mg/kg
Chumbo	mg/kg
Zinco	mg/kg
Cádmio	mg/kg
Compostos organoclorados totais	mg/kg
Compostos organofosforados totais	mg/kg

6.4 Fitoplâncton

Para a caracterização da comunidade fitoplanctônica será utilizada uma rede de plâncton com abertura da malha amostral de 20 µm. Essas amostras qualitativas serão obtidas através do arrasto ou instalação da rede no sentido contrário ao fluxo da água no corpo hídrico. As amostras quantitativas serão coletadas diretamente em frascos de vidro âmbar com capacidade de 1.000 mL na subsuperfície da coluna d'água.

As amostras qualitativas do fitoplâncton serão acondicionadas em frascos (vidro âmbar) com capacidade de 500 mL e fixadas com solução formaldeído a 2%. As amostras quantitativas serão coletadas em frascos de vidro âmbar com capacidade de 1.000 mL, e fixadas em solução Lugol Acético.

As análises qualitativas serão feitas nas amostras concentradas com rede de plâncton, utilizando microscópio óptico com câmara clara ocular de medição e sistema de captura de imagens. Para a análise quantitativa será utilizada a metodologia Ütermohl (1958), feita com o auxílio de um microscópio invertido Zeiss Axioscop, em aumento de 400 vezes. As câmaras de sedimentação utilizadas nas contagens variam entre 25 e 50 mL, conforme a densidade dos organismos, sendo a contagem realizada com enumeração de pelo menos 100 espécimes da espécie dominante em campos aleatórios (LUND *et al.*, 1958; UHELINGER, 1964) em transectos verticais. Para a contagem do fitoplâncton serão considerados como indivíduos os organismos unicelulares, filamentos de cianobactérias e de diatomáceas, sendo consideradas, para contagem, somente as células

que apresentarem cloroplasto e integridade celular. 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).

Serão consideradas como espécies dominantes aquelas cujas densidades superarem 50% da densidade total da amostra, e as espécies abundantes as que superarem a densidade média de cada amostra, seguindo os critérios estabelecidos por Lobo e Leighton (1986).

Para a identificação taxonômica do fitoplâncton serão utilizadas referências como Cupp (1943); Huber-Pestalozzi (1955); Ettl (1976, 1983); Prescott *et al.* (1982); Parra *et al.* (1982 a,b,c; 1983); Krienitz (1990); Huszar (1985); Picelli-Vicentim (1987); Comas (1996); Komarek e Fott (1983); Komarek e Anagnostidis (2005); Bicudo e Menezes (2006).

6.5 Zooplâncton

Para a caracterização das comunidades zooplânctônicas as coletas serão feitas utilizando rede de zooplâncton com abertura da malha amostral de 68 µm. As amostras serão obtidas através do arrasto horizontal no sentido contrário ao fluxo da água no corpo hídrico.

As amostras do zooplâncton serão acondicionadas em frascos com capacidade de 1.000 mL (vidro âmbar) e fixadas com solução formaldeído a 4% com adição de açúcar (HANNEY e HALL, 1973).

No laboratório, as amostras serão contadas na sua totalidade, sendo utilizadas placas de acrílico quadriculadas, sob um estereomicroscópio Carl Zeiss, modelo Stemi SV6, em aumento máximo de 500 vezes para Cladocera e Copepoda e câmara de Sedgwick-Rafter para Rotifera.

Os organismos serão identificados utilizando literatura especializada (KOSTE, 1978; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; SMIRNOV, 1996) e os resultados de densidade serão expressos em indivíduos por litro (ind/L) ou por metro cúbico (ind/m³).

6.6 Bentos

Em cada ponto serão coletadas três pegadas de sedimento do fundo, por meio de draga de Eckman-Birge ou equivalente, até atingirem cerca de 2 kg. Essas amostras serão acondicionadas em saco plástico e preservadas com solução de formaldeído a 4%.

No laboratório, as amostras serão lavadas em água corrente utilizando uma malha de 125 mm de abertura e transferidas para frasco. Após esse procedimento, os organismos serão triados sob bandeja com luz e identificados até o menor nível específico possível, em microscopia estereoscópica.

Para classificação taxonômica serão utilizadas bibliografias adequadas como Brinkhurst e Marchese (1989), Pennak (1989), Wurdig e Pinto (1989); Thorp e Covich (1991), Brinkhurst e Marchese (1992), Epler (1995), Lopretto e Tell (1995, tomos II e III),

Trivinho-Strixino e Strixino et al (1995); Merritt e Cummins (1996), Fernández e Domínguez (2001) e Horne *et al.* (2002).

6.7 Análise dos dados

Para análise de qualidade de água serão determinados, por ponto de coleta, os índices de qualidade de água (IQA) e de estado trófico (IET), de acordo com a metodologia apresentada no relatório Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, da CETESB (2007).

A classificação do IQA está indicada no **Quadro 6.7.a** (CETESB, 2007), a seguir.

Quadro 6.7.a
Classificação do IQA

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

A partir dos dados obtidos da composição e densidade das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e bentos) devem ser calculadas a frequência de ocorrência (%), a abundância relativa e os índices ecológicos apresentados na **Tabela 6.7.a**.

Tabela 6.7.a
Índices ecológicos utilizados neste estudo, com fórmulas, descrições e referências

Índices calculados	Fórmulas	Descrição	Referência
Riqueza	$d = \frac{S - 1}{\log_2 N}$	S = número de espécies N = número de indivíduos	Odum (1983)
Diversidade (Shannon-Wiener)	$H' = - \sum (pi \cdot \log_2 pi)$	pi = ni/n ni = número total de indivíduos de cada táxon na amostra n = número total de indivíduos na amostra.	Shanon e Wiener (1963)
Dominância (Simpson)	$D = \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$	ni = número total de indivíduos de cada táxon na amostra n = número total de indivíduos na amostra.	Magurran (2004)
Equitabilidade	$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$	H' = diversidade da amostra S = número de taxa na unidade amostral	Pielou (1975)
Similaridade	$S = 2C/A + B$	S = similaridade, C= número de espécies na amostra A, B – número de espécies na amostra B e C é o número de espécies comuns a ambas as amostras	Odum (1983)

7. Indicadores de Desempenho

O desenvolvimento deste Programa deve ser avaliado através da análise temporal e espacial da dinâmica populacional das espécies fitoplâncton, zooplâncton e comunidade bentônica, por meio da aplicação dos índices ecológicos propostos na Seção anterior, além da classificação contínua da qualidade de água através da aplicação do Índice de Qualidade de Água (IQA) e Índice de Estado Trófico (IET).

8. Etapas / Prazos

As campanhas do Programa de Monitoramento Limnológico e Qualidade de Água (P.12) devem ocorrer idealmente na mesma época de coleta que as campanhas do Monitoramento da Ictiofauna (P.25). No mínimo a cada trimestre as campanhas do P.12 e P.25 devem ser concomitantes. Sugere-se que as coletas do Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas também ocorram preferencialmente no mesmo período.

A periodicidade de campanhas proposta é mensal para as fases de pré-instalação e instalação. Durante a fase de enchimento serão realizadas medições diárias dos parâmetros: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade elétrica e serão realizadas coletas para análise da qualidade da água a cada três dias. Na fase de operação as campanhas terão periodicidade trimestral no primeiro ano e após esse período, o IBAMA avaliará a necessidade da continuidade da medição de todos os parâmetros limnológicos, bem como da periodicidade dos demais anos da fase de operação.

9. Relatórios

Para cada campanha mensal a ser realizada nas fases de pré-instalação e instalação do empreendimento será emitido um Relatório de Atividades (12 relatórios/ano). Semestralmente será elaborado um Relatório de Consolidação, a ser apresentado ao IBAMA (2 Relatórios de Consolidação/ano). Ao término da fase de instalação deverá ser gerado 1 relatório analítico consolidado, com todas as atividades e resultados do período.

Na fase de enchimento serão emitidos relatórios de atividade semanais e um relatório final consolidado no final do enchimento.

Na fase de operação serão emitidos relatórios de atividades ao término de cada campanha (4 relatórios/ano). Ao final de cada ano sugere-se a apresentação de 1 relatório analítico das quatro campanhas (4 relatórios/4 anos) e 1 único relatório de Consolidação ao término de 4 anos de monitoramento da fase de operação.

Para elaboração dos relatórios analíticos, sugere-se a seguinte estrutura:

1.0 Introdução

2.0 Objetivos

3.0 Metodologia

3.1 Área de Estudo

3.2 Localização dos pontos e periodicidade das coletas

3.3 Métodos de campo

3.4 Métodos no laboratório

3.5 Análise estatística dos dados

4.0 Resultados

5.0 Considerações finais

6.0 Referências Bibliográficas

7.0 Próximas atividades

8.0 Equipe técnica

10. Recursos Humanos e Materiais necessários

Para a execução das atividades do Programa de Monitoramento Limnológico e Qualidade de Água (P.12) a equipe deverá ser formada pelos seguintes profissionais:

- 1 Especialista Sênior – Coordenação das atividades de campo e elaboração de relatórios sobre o monitoramento limnológico;
- 1 Biólogo Pleno – Limnólogo - responsável pela coleta das amostras de campo e medições *in situ*;
- 1 auxiliar de campo;
- 1 barqueiro.

Como nesse Programa está prevista a parceria com Instituição de ensino e pesquisa, será contrapartida para esse contrato o fornecimento do material de coleta, como dragas, frascos com fixadores, redes de plâncton, etc. O material coletado será analisado pela Universidade contratada.

No caso específico de análise de qualidade da água, deverá ser contratado Laboratório especializado e credenciado, com acreditação do INMETRO, que fornecerá o material e realizará a análise dos resultados.

11. Parcerias recomendadas

Para o Programa Limnológico e da Qualidade de Água (P.12) recomenda-se a contratação e/ou parceria com instituições de ensino e pesquisa, de preferência na região, que tenham interesse em participar das atividades planejadas, tais como a Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). É importante mencionar que essa parceria possibilitará a realização de diversos trabalhos científicos na área de influência do empreendimento.

12. Interface com outros Planos, Programas e Projetos

Os dados gerados no Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade de Água (P.12) serão compartilhados com o Programa de Monitoramento da Ictiofauna (P.25), do PBA, com os Programas de Monitoramento e Controle de Macrófitas e de Gerenciamento e de Controle de Usos Múltiplos do Reservatório, elaborados para atendimento à Resolução ANA nº 621/2010, e com o Programa de Investigação da Contaminação de Solo por Mercúrio nas Áreas dos Futuros Segmentos Laterais do Reservatório (P.13). Serão compartilhados também com a modelagem matemática de qualidade da água que orientará o Programa de Desmatamento e Limpeza do Reservatório e das Áreas Associadas à Implantação do Projeto (P.03).

13. Referências Bibliográficas

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. 2006. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. São Carlos, RiMa.

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

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

COMAS, A. **Las Chlorococcales dulceacuícolas de Cuba**. Bibl. Phycol, 1996. 228p.
CUPP, E.E. **Marine plankton diatoms of the west coast of North America**. Bull., Scripps Institute of Oceanography. Univ. California Press. Berkley and Los Angeles. 1943, 237 pp.

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

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

ETTL, H. **Die Gattung Chlamydomonas**. Nova Hedwigia. 1976. 1122p.

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

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

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

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

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

KOMÁREK, J.; FOTT, B. **Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung Chlorococcales.** In: Huber-Pestalozzi, G. **Das Phytoplankton des Süßwassers.** E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele und Obermiller). V. 7. Stuttgart. 1983. 1044 p.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprokaryota, 2: Oscillatoriales.** In: Bündel, B. et al. **Süßwasserflora von Mitteleuropa.** München: Elsevier. 2005. 758p.

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

KRIENITZ, L. Coccale Grünalgen der mittleren Elbe. **Limnologica**, v.21, p. 165–231, 1990.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estruturas de lãs fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocadura de rios y esteros de la zona central de Chile. **Revista Biología Marina**, v.22, n.1, p.143-170, 1986.

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

LUND, J.W.G.; KIPPLING, C.; LECREN, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating by counting. **Hydrobiologia**, 11: 143-170.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America.** (Third Edition). Kendall Hunt Publishing, Iowa, USA. 1996.

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

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

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

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

PENNAK, R. W. **Freshwater invertebrates of the United States**. 2^aed., Jonh Wiley & Sons, New York. 1978, 803 p.

PICELLI-VICENTIN, M. N. Chlorococcales planctônicas do Parque Regional do Iguaçu, Curitiba, Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Biologia**, v.47, n. ½, p. 57-85, 1987.

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

SMIRNOV, N. N. **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.1996. 197p.

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

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

UHELINGER, V., Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. **Arch. Sci.**, 17 (2): 121-223, 1964

WEBER, C.I. 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. USA, p. 1-17, 1973
THORP, J. H.; COVICH, A. P. **Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates**. San Diego: Academic Press. 1991, 911p.

