



**INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO**  
**Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza**

**DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES LIMNOLÓGICAS E DA**  
**QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA NA**  
**REGIÃO DO EMPREENDIMENTO UHE MAUÁ: RELATÓRIO**  
**TRIMESTRAL (JULHO/12 a SETEMBRO/12) – FASE**  
**RESERVATÓRIO**

**Dezembro**  
**2012**



**LACTEC – Instituto de Tecnologia Para o Desenvolvimento**  
BR-116 – KM 98 – S/Nº – Centro Politécnico da UFPR  
Jardim das Américas - Caixa Postal: 19.067 - Cep: 81531-980  
[www.lactec.org.br](http://www.lactec.org.br)

#### **EQUIPE TÉCNICA LACTEC**

**Nicole M. Brassac de Arruda**  
Bióloga

**Marianne Schaefer França**  
Eng. Ambiental

**Gheysa do Rocio Morais Pires**  
Tecnóloga em Química Ambiental

**Letícia Uba da Silveira**  
Eng. Ambiental

**Patrícia Borges**  
Bióloga

**Tânia Lúcia Graf de Miranda**  
Eng. Agrônoma

#### **EQUIPE TÉCNICA CONSULTORES**

**André Virmond Bittencourt**  
Engenheiro Químico

**Eduardo Chemas Hindi**  
Geólogo

**Moacyr Serafim Júnior**  
Biólogo

**Osneri Andreoli**  
Eng. Civil

**Paulo Cavichiolo Franco**  
Eng. Civil

**Rosemary A. Brogim**  
Bióloga

**Thelma Alvim Veiga Ludwig**  
Farmacêutica



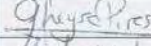
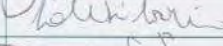

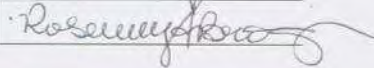
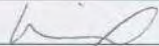




**Priscila Izabel Tremarin**  
Bióloga

#### **EQUIPE DE APOIO**

Adilson José de Lara – Equipe de Campo/LACTEC  
Ana Paula Muhlenhoff – Estagiária/DPRA  
Aline Sestren – Estagiária/DPRA  
Bruno Dalla Nora Santos – Estagiário/DPRA  
Roberta Gregório – Estagiária/DPRA  
Karen Bueno – Estagiária/DPRA  
Eduardo Gomes Freire – Acqua Consultoria Ambiental

**Divisão de Meio Ambiente - Departamento de Recursos Ambientais**

## RESPONSÁVEIS TÉCNICOS

Nome	Profissão	Registro de Classe	Assinatura
<b>Águas Superficiais</b>			
Nicole Machuca Brassac	Bióloga	CRBio 28775-07D	
Marianne Schaefer França	Engenheira Ambiental	CREA PR 85343/D	
Gheysa do R. Morais Pires	Tecnóloga em Química Ambiental	CREA PR 110797/D	
Leticia Uba da Silveira	Engenheira Ambiental	CREA SC 0715050/D	
Tânia Lúcia Graf de Miranda	Engenheira Agrônoma	CREA 069105-D/RS	
<b>Macroinvertebrados Bentônicos</b>			
Rosemary A. Brogim	Bióloga	CRBio 17494-07D	
<b>Zooplâncton</b>			
Moacyr Serafim Júnior	Biólogo	CRBio 17499-07 D	
<b>Fitoplâncton</b>			
Thelma Alvim Veiga Ludwig	Farmacêutica	CRF 9 2432	
Priscila Izabel Tremarin	Bióloga	CRBio 45593-07 D	
<b>Espécies Invasoras – <i>Limnoperna fortunei</i></b>			
Patrícia Borges	Bióloga	CRBio 66180-07D	
<b>Águas Subterrâneas</b>			
André Virmond Bittencourt	Engenheiro Químico	CREA PR 3885/D	
<b>Hidrologia e Atividades de Campo</b>			
Osneri Andrioli	Engenheiro Civil	CREA PR 13589/D	
Paulo Cavichiolo Franco	Engenheiro Civil	CREA PR 12671/D	

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
2	Metodologia.....	1
2.1	Área de Estudo.....	1
2.2	Procedimentos Técnicos.....	3
2.2.1	Sub-Programa de Monitoramento de Águas Superficiais.....	3
2.2.1.1	Malha amostral e frequência de amostragem.....	3
2.2.1.2	Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas.....	9
2.2.1.3	Análises da Comunidade Fitoplanctônica.....	15
2.2.1.4	Análises da Comunidade Zooplanctônica.....	16
2.2.1.5	Análises de Macroinvertebrados bênticos.....	17
2.2.1.6	Análises para verificação da presença de larvas de <i>Limnoperna fortunei</i> .....	20
2.2.2	Sub-Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas.....	20
2.2.2.1	Malha amostral e frequência de amostragem.....	20
3	Resultados Preliminares.....	22
3.1	Sub-Programa de Monitoramento de Águas Superficiais.....	22
3.1.1	Monitoramento de parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água e Índices de Qualidade de Água.....	22
3.1.1.1	Índice de Qualidade de Água – IQA.....	28
3.1.1.2	Índice de Estado Trófico – IET.....	29
3.1.1.3	Índice de Qualidade de Água de Reservatórios – IQAR.....	30
3.1.1.4	Perfis de Temperatura e Oxigênio Dissolvido.....	32
3.1.2	Monitoramento da Comunidade Fitoplanctônica.....	35
3.1.2.1	Comentários sobre as algas que ocorreram em maiores densidades ou que se caracterizam pela potencialidade tóxica.....	41
3.1.3	Monitoramento da Comunidade Zooplanctônica.....	44
3.1.3.1	Composição e riqueza.....	45
3.1.3.2	Abundância.....	48
3.1.4	Monitoramento de Macroinvertebrados bênticos.....	50

3.1.4.1	Caracterização das Estações de Amostragem com vistas ao monitoramento de Macroinvertebrados Bênticos.....	50
3.1.4.2	Resultados .....	56
3.1.5	Monitoramento da Presença de Limnoperna fortunei (mexilhão dourado).....	58
3.2	Sub-Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas .....	59
3.2.1	Atividades Realizadas.....	59
3.2.2	Piezômetros .....	59
3.2.2.1	Medições automáticas do nível do freático e da temperatura.....	68
3.2.2.2	Interpretação preliminar dos resultados obtidos das baterias de piezômetros	71
3.2.3	Poços Profundos .....	82
3.2.3.1	Campanhas de medições e amostragens dos aquíferos profundos .....	82
3.2.3.2	Resultados analíticos dos poços profundos .....	82
3.2.3.3	Interpretação preliminar dos resultados obtidos para os poços profundos ...	84
4	Conclusões .....	87
5	Referências Bibliográficas .....	91
6	Anexos.....	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área de Estudo. ....	2
Figura 2 - Localização das estações de amostragem de águas superficiais na área de estudo. ....	4
Figura 3 – Estação E1, Rio Tibagi, a montante de Telêmaco Borba (setembro/12). ....	5
Figura 4 – Estação E2, Rio Tibagi, início do reservatório da UHE Mauá, a jusante da fábrica da Klabin (setembro/12). ....	5
Figura 5 - Estação E3, Rio Imbauzinho, próximo à foz, a montante do reservatório (julho/12). ....	6
Figura 6 - Estação E4, Rio Tibagi, porção media do reservatório da UHE Mauá (julho/12). ....	6
Figura 7 - Estação E6, Rio Tibagi, reservatório da UHE Mauá, nas proximidades da barragem (montante) (julho/12). ....	7
Figura 8 - Estação E7, Rio Tibagi, a jusante da casa de força (setembro/12). ....	7
Figura 9 - Estação E9, Rio Tibagi, a jusante da barragem (setembro/12). ....	8
Figura 10 - Estação E10, Rio Barra Grande, sob ponte do reservatório da UHE Mauá (setembro/12). ....	8
Figura 11 - Equipamentos utilizados para as coletas quantitativas dos macroinvertebrados bênticos. A e B. Método de utilização do Petit Ponar e uma amostra coletada com este amostrador; C e D. Surber e método de coletas. ....	18
Figura 12 - Procedimentos com as amostras de macroinvertebrados bênticos em laboratório. A. Estocagem; B. triagem das amostras e C. Identificação dos organismos. ....	19
Figura 13 - Localização dos poços de monitoramento dos aquíferos profundos e situação das baterias de piezômetros BP1 e BP2, no contexto de um esboço dos compartimentos hidrogeológicos considerados pelo Instituto das Águas do Paraná (extinta SUDERHSA). ....	21
Figura 14 – Variações espaciais e temporais do fósforo total na região de estudo. ....	26
Figura 15 – Variações espaciais e temporais do nitrogênio total na região de estudo. ....	27
Figura 16 – Variações espaciais e temporais do Índice de Qualidade de Água (IQA) na região de estudo. ....	29
Figura 17 – Variações espaciais e temporais do Índice de Estado Trófico (IET) na região de estudo. ....	30
Figura 18 – Perfis vertical de Temperatura e Oxigênio Dissolvido na estação E4. ....	33
Figura 19 – Perfis verficais de Temperatura e Oxigênio Dissolvido na estação E6. ....	34
Figura 20 – Perfis verticais de Temperatura e Oxigênio Dissolvido na estação E10. ....	35
Figura 21 - Representantes do fitoplâncton no rio Tibagi e afluentes, na região do empreendimento UHE Mauá. ....	36
Figura 22 - Representantes do fitoplâncton no rio Tibagi e afluentes, na região do empreendimento UHE Mauá. ....	37

Figura 23 - Contribuição percentual das classes do fitoplâncton, dos valores de densidades celulares e da clorofila-a, por estação de coleta, no período entre julho/12 e outubro/12. ....	39
Figura 24 - Número de táxons de rotíferos identificados por porto de coleta na área de influência da UHE de Mauá.....	47
Figura 25 - Número de táxons de microcrustáceos identificados por porto de coleta na área de influência da UHE de Mauá.....	48
Figura 26 - Densidade de rotíferos (org/m <sup>3</sup> ) amostrados na área de influência da UHE de Mauá.....	49
Figura 27 - Densidade de cladóceros (org/m <sup>3</sup> ) amostrados na área de influência da UHE de Mauá. ....	50
Figura 28 - Fotos da Estação 4 localizada no rio Tibagi, na região do Salto do Aparado. Telêmaco Borba, Paraná. A e B. Março, 2010 após período chuvoso. C. Agosto, 2012. Fotos de Rosemary A. Brogim .....	51
Figura 29 - Foto do rio Tibagi na Estação 6 à montante da barragem da Usina Hidrelétrica de Mauá. Telêmaco Borba, Paraná. A. e B. Estação 6, abril de 2011. Fotos de Rosemary A. Brogim. C. Estação 6, julho de 2012. Foto Renan Lopes Paitch.....	52
Figura 30 - Fotos da Estação de coletas 7 localizada no rio Tibagi à jusante da barragem da Usina Hidrelétrica Mauá. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim, A e B. em maio de 2010 e C. e D. em julho de 2012.....	53
Figura 31 - Fotos da Estação 9 do monitoramento de macroinvertebrados aquáticos localizada no rio Tibagi na área da Usina Hidrelétrica Presidente Vargas. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim, A e B em maio de 2010 e C e D em agosto de 2012. ....	54
Figura 32 - Fotos da Estação de coletas 5 localizada no rio Barra Grande na Fazenda Santana. Telêmaco Borba, Paraná. A e B Fotos de Rosemary A. Brogim, 2010. C. Fonte, AEN.....	55
Figura 33 - Altitudes do freático, obtidas por medidor automático nos piezômetros BP1-P01 e BP1-P13 entre 17/10/2011 e 12/09/2012.....	68
Figura 34 - Altitudes do freático, obtidas por medidor automático nos piezômetros BP2-P01 e BP2-P13 entre 17/10/2011 e 11/09/2012.....	69
Figura 35 - Temperaturas obtidas por medidor automático nos piezômetros BP2-P01 e BP2-P13 entre 17/10/2011 e 11/09/2012.....	70
Figura 36 - Temperaturas, obtidas por medidor automático nos piezômetros BP2-P01 e BP2-P13 entre 17/10/2011 e 11/09/2012.....	70
Figura 37 – Perfis piezométricos medidos em dez campanhas na BP1, situada na margem direita do rio Tibagi, no município de Telêmaco Borba. A figura foi construída com os dados constantes da tabela 5.2. ....	72
Figura 38 – Perfis piezométricos medidos em oito campanhas na BP2, situada na margem esquerda do rio Tibagi no município de Ortigueira. A figura foi construída com os dados constantes da tabela 5,3.....	72

Figura 39 – Variação na condutividade da água medida em doze campanhas em amostras coletadas na BP1, nos piezômetros P1 a P13. Os dados apresentados na figura constam da tabela 5.4. ....	73
Figura 40 – Valores de pH ao longo da secção do terreno coberta pela bateria de piezômetros BP1, Os dados usados nos gráficos constam da tabela 5,6,.....	73
Figura 41 – Variação na condutividade da água medida em oito campanhas em amostras coletadas na BP2, nos piezômetros P1 a P13. Os dados apresentados na figura constam da tabela 5.5. ....	74
Figura 42 – Valores de pH ao longo da secção do terreno coberta pelos pela bateria de piezômetros BP2, Os dados usados nos gráficos constam da tabela 5.7. ....	75
Figura 43 – Diagrama de Durov representando a água do freático nos pontos BP1 P1 e P13 e também em BP2 P1 e P13 O diagrama foi construído com os dados constantes da Tabela 6.1.....	76
Figura 44 - Distribuição das concentrações de elementos químicos no BP1-P01.....	78
Figura 45 - Distribuição das concentrações de elementos químicos no BP1-P13.....	79
Figura 46 - Distribuição das concentrações de elementos químicos no BP2-P01,.....	80
Figura 47 – Distribuição das concentrações de elementos químicos no BP2-P13,.....	81
Figura 48 – Diagrama de Durov representando a água dos aquíferos profundos. O diagrama foi construído com os dados constantes da Tabela 4.1.....	85



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição e localização das estações de amostragem. ....	4
Tabela 2 – Pesos dos parâmetros do IQA.....	10
Tabela 3 – Classificação do Índice de Estado Trófico .....	12
Tabela 4 – Variáveis para o IQAR e seus respectivos pesos. ....	13
Tabela 5 - Matriz da Qualidade de água.....	14
Tabela 6 - Localização dos poços tubulares profundos utilizados para o monitoramento da qualidade da água subterrânea na área do reservatório da UHE Mauá. ....	22
Tabela 7 - Resultados analíticos de qualidade de água nas estações E1 a E4, no período de julho/12 a setembro/12.....	24
Tabela 8 - Resultados analíticos de qualidade de água nas estações E6 a E10, no período de julho/12 a setembro/12.....	25
Tabela 9 – Resultado da campanha extra de fitoplâncton e clorofila, realizada no início de outubro/12. ....	28
Tabela 10 – Resultados do IET por estação de amostragem.....	29
Tabela 11 – Resultados do IET por estação de amostragem, calculado exclusivamente com valores de clorofila-a da campanha extra. ....	30
Tabela 12 – Resultados analíticos de qualidade de água do reservatório da UHE Mauá, estação E6, em diferentes profundidades.....	31
Tabela 13 – Resultados analíticos de qualidade de água do reservatório da UHE Mauá, estação E10, em diferentes profundidades.....	32
Tabela 14 – Profundidades Máximas medidas nas estações de amostragem do reservatório da UHE Mauá, ao longo do monitoramento (enchimento). ....	33
Tabela 15 - Riqueza de espécies nas diferentes estações de coleta no período entre julho/12 e outubro/12.....	38
Tabela 16 - Ocorrência de cianobactérias (cél.mL <sup>-1</sup> ) potencialmente tóxicas no reservatório de Mauá, no período entre julho/12 e outubro/12. ....	40
Tabela 17 - Lista e frequência de ocorrência de táxons de Rotifera, Cladocera e Copepoda registrados nas amostras de zooplâncton na área de influência da UHE Mauá no período de julho a setembro/2012. ....	45
Tabela 18 - Lista de táxons de macroinvertebrados aquáticos amostrados nas 8 estações de coletas ao longo do rio Tibagi e tributários sob influência do reservatório da Usina Hidrelétrica Mauá, durante os meses de julho e agosto de 2012. ....	57
Tabela 19 - Amostras de água coletadas e analisadas até o momento na região do empreendimento UHE Mauá e resultados obtidos. ....	58

Tabela 20 - Atividades de campo desenvolvidas nas baterias de piezômetros entre dezembro de 2010 e outubro de 2012.....	59
Tabela 21 - Perfis piezométricos anotados na BP1 nas campanhas de 2012.....	60
Tabela 22 – Perfis piezométricos anotados na BP2 nas campanhas de 2012.....	60
Tabela 23 – Perfis de condutividade elétrica anotados na BP1 nas campanhas realizadas em 2012. ....	61
Tabela 24 – Perfis de condutividade elétrica, anotados na BP2 nas campanhas realizadas em 2012. ....	61
Tabela 25 - Componentes iônicos majoritários determinados em amostras de água do freático, coletadas nas baterias de piezômetros BP1 e BP2.....	62
Tabela 26 - Temperatura, condutividade, pH, alcalinidade e sólidos totais dissolvidos medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros, em 2012. ....	63
Tabela 27 – Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, P, S e Cl em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros.....	63
Tabela 28 – K, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni e Cu em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros,.....	64
Tabela 29 – Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y e Zr em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros.....	65
Tabela 30 – Nb, MO, Ru, Rh, Pd, ag, Cd, In, Sn e Sb em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros.....	65
Tabela 31 – Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu e Gd em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros.....	66
Tabela 32 - Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta e W em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros.....	66
Tabela 33 - Re, Pt, Au, Hg, Ti, Tl, Pb, Bi, Th e U em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros.....	67
Tabela 34 – Poços tubulares profundos amostrados nas campanhas de 2012. ....	82
Tabela 35 - Componentes iônicos majoritários determinados em amostras de água do freático, coletadas em poços tubulares profundos em 2012. ....	83
Tabela 36 - Condutividade, pH, alcalinidade e sólidos totais dissolvidos medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros, em 2012. ....	83
Tabela 37 – Elementos em solução em poços profundos medidos por ICP-MS na campanha de setembro de 2012.....	83

## 1 INTRODUÇÃO

O presente relatório refere-se ao acompanhamento do Programa de Monitoramento da Qualidade de Água do Projeto Básico Ambiental do Empreendimento Hidrelétrico UHE Mauá, localizado no rio Tibagi.

Neste documento são apresentados resultados preliminares de dois sub-programas inseridos no Programa supracitado. São eles: Sub-Programa de Monitoramento das Condições Limnológicas e da Qualidade da Água e Sub-Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas. No Sub-Programa de Macrófitas Aquáticas as coletas serão retomadas em novembro/12, quando o reservatório já contará com área alagada mais próxima da definitiva.

O Sub-Programa de Monitoramento das Condições Limnológicas e da Qualidade da Água apresenta dados físicos, químicos e biológicos da água superficial e das comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Tibagi na região do empreendimento. Também são apresentados resultados preliminares do monitoramento da possível ocorrência de *Limnoperna fortunei* (mexilhão dourado) na área de estudo. O presente trabalho refere-se ao primeiro trimestre de monitoramento da fase reservatório, iniciada no final do mês de junho/12. Desta forma, este relatório corresponde ao monitoramento ocorrido nos meses de julho/12, agosto/12 e setembro/12 para dados de águas superficiais.

O Sub-Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas apresenta dados físicos e químicos das águas subterrâneas do freático da região, através da análise de dados coletados em piezômetros instalados na região do empreendimento, bem como do aquífero Rio Bonito, a partir de dados coletados em poços profundos na área supracitada. Para o monitoramento de água subterrânea, o presente relatório apresenta dados de janeiro/12 a outubro/12.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Área de Estudo

O empreendimento UHE Mauá (Figura 1) está situado no trecho médio do rio Tibagi, região centro-leste do Estado do Paraná. As nascentes do rio Tibagi localizam-se entre os municípios de Campo Largo, Palmeira e Ponta Grossa (Segundo Planalto Paranaense), no centro-sul do Estado, e tem

sua foz na margem esquerda do rio Paranapanema, que faz divisa entre os estados do Paraná e São Paulo.

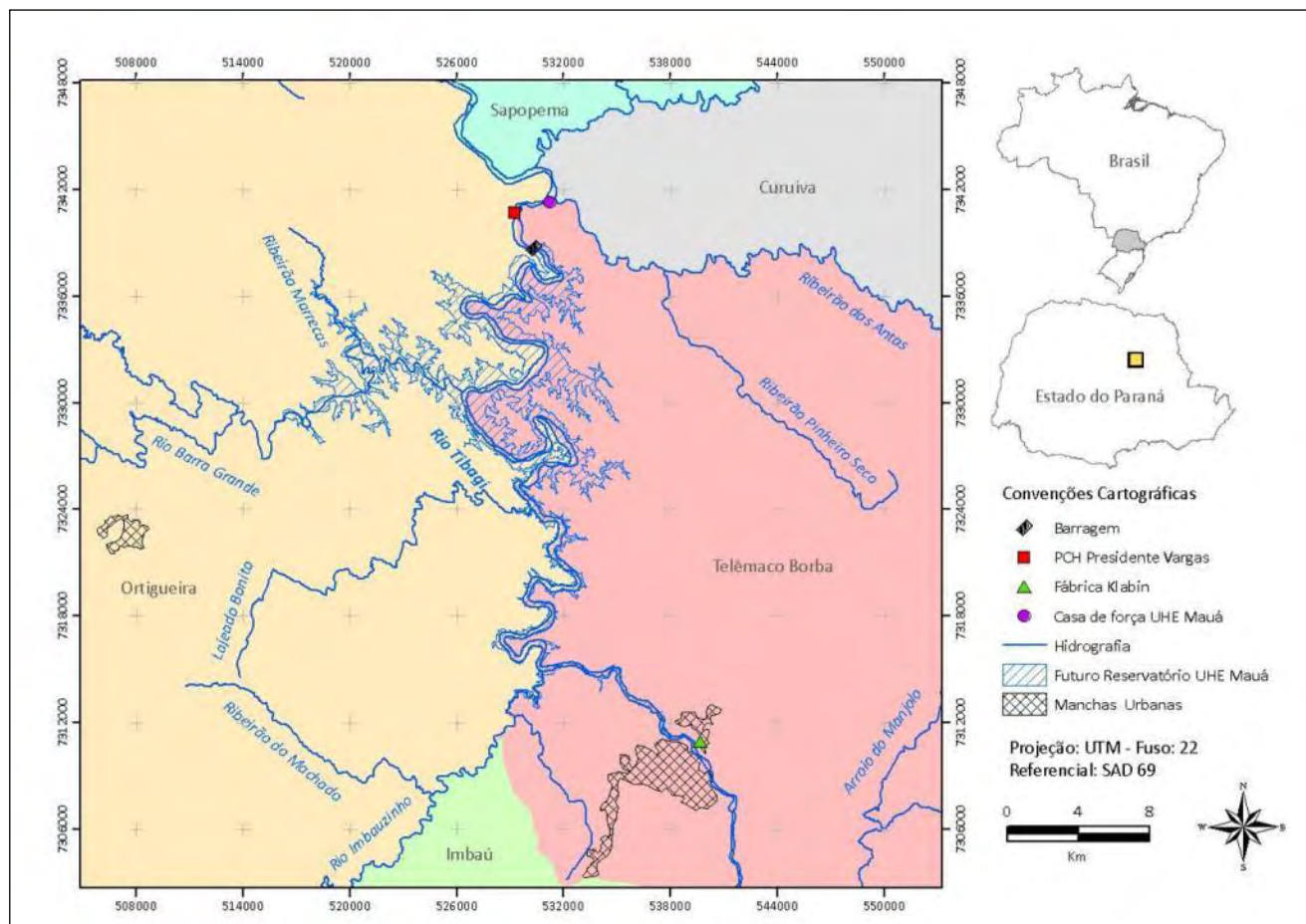


Figura 1 - Localização da Área de Estudo.

A barragem está situada nas coordenadas UTM (N) 7338819 e (E) 529752, na divisa dos municípios de Telêmaco Borba e Ortigueira. Este barramento situa-se a montante da atual PCH Presidente Vargas (pertencente à empresa Klabin Papel e Celulose S.A.) e está acompanhado das estruturas do vertedouro e de uma casa de força complementar, que turbinará a vazão ecológica. A casa de força principal está projetada a jusante, próxima à foz do ribeirão das Antas.

No que concerne à geologia, a região da usina é imposta sobre um pacote sedimentar de rochas granulares, onde dominam as frações finas com alguns estratos mais grosseiros com características aquíferas. Ocorrem alguns níveis pouco espessos contendo carbonatos, geralmente sob a forma de cimento carbonático. Todo este conjunto sedimentar foi seccionado por um sistema de fraturas que abrigam diques de diabásio, interrompendo a continuidade das unidades sedimentares.

## 2.2 Procedimentos Técnicos

Os procedimentos aqui adotados seguem as orientações descritas no PBA da UHE Mauá para o Programa de Monitoramento da Qualidade da Água, bem como os Sub-programas de Monitoramento das Condições Limnológicas e da Qualidade da Água, Monitoramento das Águas Subterrâneas e Macrófitas Aquáticas.

### 2.2.1 *Sub-Programa de Monitoramento de Águas Superficiais*

#### 2.2.1.1 *Malha amostral e frequência de amostragem*

Na Fase Reservatório, o Sub-Programa de Monitoramento de Águas Superficiais, que contou com análises físico-químicas e bacteriológicas da água, bem como análises das comunidades fitoplanctônica, zooplanctônica e de macroinvertebrados bênticos, contando com três campanhas de monitoramento, até o presente momento.

As estações de amostragem utilizadas para o monitoramento das águas superficiais formam uma malha amostral de oito pontos. A maior parte destas estações corresponde a estações monitoradas na Fase Rio. Duas delas foram alteradas para melhor contemplar a nova estrutura do ecossistema, com a formação do reservatório. Estas alterações contaram com a anuência do órgão ambiental, e encontram-se descritas a seguir:

A estação E5, localizada na foz do rio Barra Grande, foi desativada e realocada no próprio rio Barra Grande, mas na região lacustre, próximo à ponte sobre o reservatório, sendo agora denominada estação E10. A estação E4, localizada na região do Salto Aparado, agora porção média do reservatório foi reativada e a estação E8, a jusante do empreendimento, localizada no ribeirão das Antas foi desativada. A descrição de todas as estações de amostragem encontra-se na Tabela 1 e está ilustrada na Figura 2. As coordenadas UTM apresentadas são referentes à última campanha realizada, uma vez que a posição das mesmas pode variar em função do processo de enchimento do reservatório.

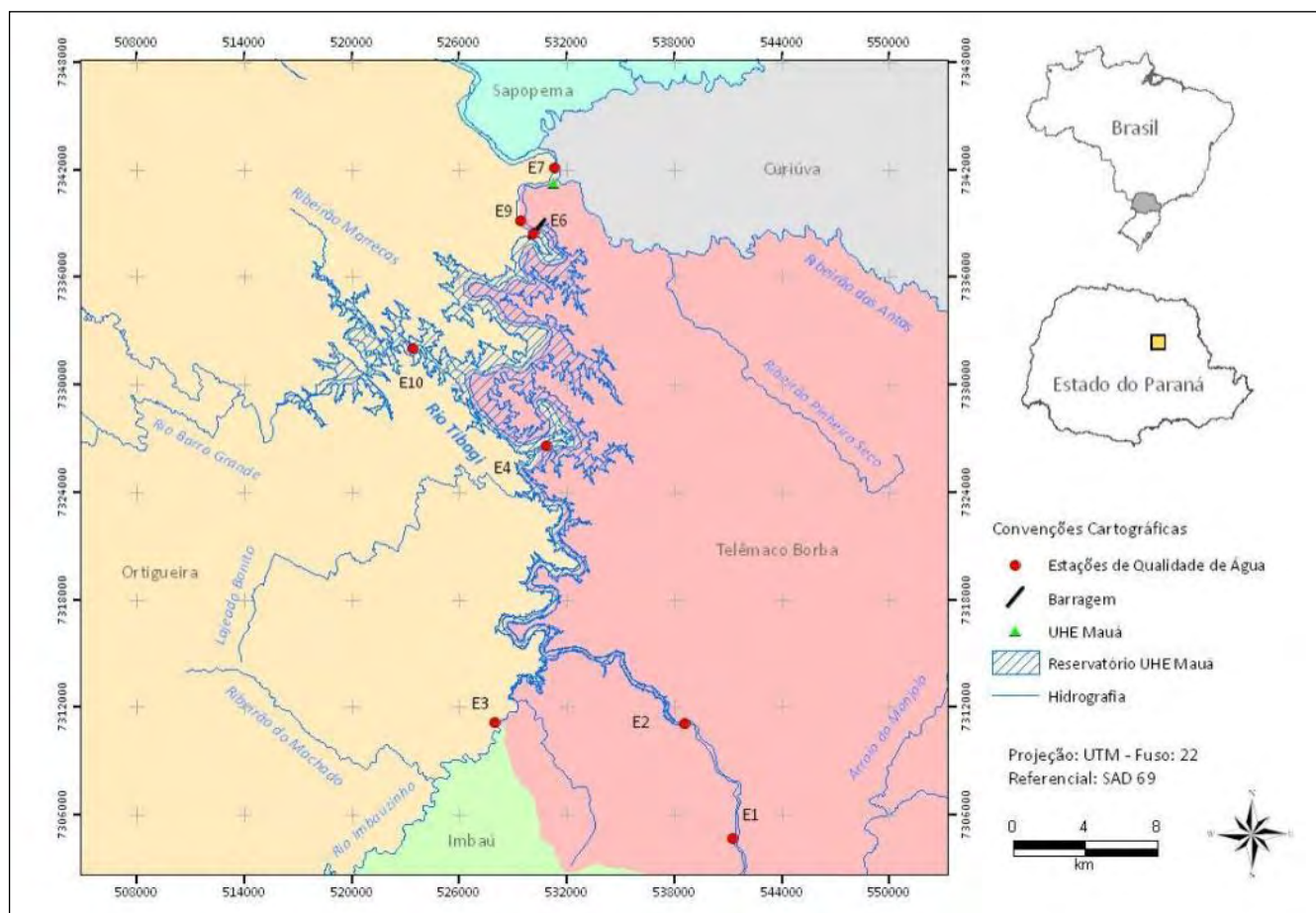


Figura 2 - Localização das estações de amostragem de águas superficiais na área de estudo.

Tabela 1 - Descrição e localização das estações de amostragem.

Estação	Descrição	Coordenadas (UTM)	
		E	N
E1	Rio Tibagi, a montante de Telêmaco Borba	541329	7304731
E2	Rio Tibagi, início do reservatório da UHE Mauá, a jusante da fábrica da Klabin	538643	7311136
E3	Rio Imbauzinho, a montante do futuro reservatório	528032	7311178
E4	Rio Tibagi, porção média reservatório da UHE Mauá	530888	7326642
E6	Rio Tibagi, reservatório da UHE Mauá, nas proximidades da barragem (montante)	530162	7338488
E7	Rio Tibagi, a jusante da casa de força	531335	7342172
E9	Rio Tibagi, a jusante da barragem	529442	7339171
E10	E10 - Rio Barra Grande, sob ponte do reservatório da UHE Mauá	523407	7332078

As imagens abaixo (Figura 3 a Figura 9) ilustram as características das estações de amostragem, indicadas anteriormente.



*Figura 3 – Estação E1, Rio Tibagi, a montante de Telêmaco Borba (setembro/12).*



*Figura 4 – Estação E2, Rio Tibagi, início do reservatório da UHE Mauá, a jusante da fábrica da Klabin (setembro/12).*



*Figura 5 - Estação E3, Rio Imbauzinho, próximo à foz, a montante do reservatório (julho/12).*



*Figura 6 - Estação E4, Rio Tibagi, porção média do reservatório da UHE Mauá (julho/12).*





*Figura 7 - Estação E6, Rio Tibagi, reservatório da UHE Mauá, nas proximidades da barragem (montante) (julho/12).*



*Figura 8 - Estação E7, Rio Tibagi, a jusante da casa de força (setembro/12).*



*Figura 9 - Estação E9, Rio Tibagi, a jusante da barragem (setembro/12).*



*Figura 10 - Estação E10, Rio Barra Grande, sob a ponte do reservatório da UHE Mauá (setembro/12).*

### 2.2.1.2 Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas

A metodologia de coleta de amostras de água seguiu o estabelecido por Santos *et al.* (2001). As amostras coletadas foram do tipo “simples”, caracterizado por uma única amostra coletada em um ponto, em um determinado instante e depositada em um frasco individual. Esse tipo de amostra representa somente o local específico, naquele determinado tempo em que a coleta foi realizada.

As amostragens foram realizadas manualmente pela imersão de um frasco no corpo de água até a profundidade desejada, sendo o mesmo inclinado com a boca direcionada contra a corrente até se obter o volume desejado. Em seguida, os frascos foram devidamente vedados. Nas estações E6 e E10 foram realizadas coletas em diferentes profundidades, com o auxílio de garrafa de Van Dorn, e de acordo com o método do IQAR, descrito posteriormente.

Quanto ao acondicionamento das amostras, os frascos utilizados são quimicamente inertes, a fim de evitar reações com as amostras. De acordo com a análise desejada, os frascos podem ser de polietileno, vidro neutro ou borossilicato âmbar. Os frascos foram devidamente identificados com etiquetas contendo o nome do projeto, o local de amostragem (estação de coleta), data e horário da coleta, tipo de preservação e parâmetro a ser determinado. Para transporte os mesmos foram acondicionados em caixas térmicas.

As amostras para fins de determinação microbiológica (coliformes totais e termotolerantes) foram coletadas antes de qualquer outra amostra, para evitar risco de contaminação do local por frascos não-estéreis.

Uma ficha de campo a ser preenchida pela equipe de coleta foi elaborada, contendo as seguintes informações: procedência da amostra, data e hora de coleta, técnico responsável pela coleta, tipo de amostra coletada, descrição das condições climáticas no momento da coleta e no período de 48 horas anteriores, informações sobre a localização do ponto de amostragem incluindo as coordenadas geográficas, altitude, profundidade do local e de coleta, largura da seção transversal, medição de parâmetros no campo tais como pH, OD, temperatura do ar e da água, profundidade do disco de Secchi e leitura de nível (esta última, quando aplicável).

Após a coleta, as amostras foram enviadas sob refrigeração para cada um dos laboratórios responsáveis pelas respectivas análises na maior brevidade possível, a fim de evitar alterações físicas, químicas ou biológicas no material coletado.

Quanto ao diagnóstico da qualidade da água do rio Tibagi, na região do empreendimento UHE Mauá, tomou-se como base a análise de uma série de variáveis de qualidade de água. Para tanto, os valores obtidos para as variáveis foram comparados com os limites dispostos pela legislação ambiental, quando pertinente. O diagnóstico também se valeu dos resultados obtidos a partir do Índice de Qualidade da Água (IQA), que incorpora nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas e do Índice do Estado Trófico (IET), que tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2010). Para a avaliação da qualidade das águas do reservatório foi utilizado o IQAR (Índice de Qualidade de Água de Reservatórios), desenvolvido pelo IAP (2009), que incorpora diferentes variáveis de qualidade de água em até três profundidades de coleta.

A metodologia dos ensaios realizados mantém-se a mesma de relatórios anteriores. Para maior referência, consultar LACTEC (2011).

Cabe destacar que as medições de concentração de oxigênio dissolvido são realizadas *in situ* por meio de sonda multiparamétrica modelo YSI 6820 e Hidrolab MS5.

### Índice de Qualidade da Água (IQA)

Na metodologia do IQA, que irá auxiliar no diagnóstico da qualidade da água do rio Tibagi, para cada uma das nove variáveis (ou parâmetros) de qualidade de água que compreendem o índice corresponde uma curva de variação da qualidade da água, que o correlaciona a um sub-índice  $q$ , e um peso de importância  $w$  (Tabela 2).

Tabela 2 – Pesos dos parâmetros do IQA

Parâmetro	Peso ( $w$ )
Oxigênio dissolvido (OD)	0,17
Coliformes fecais	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Temperatura (desvio)	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

A formulação do índice é o produtório ponderado dos sub-índices ( $q_i$ ) de cada parâmetro ( $i$ ):

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

A classificação da qualidade da água superficial pelo IQA é dividida em cinco classes: ÓTIMA (IQA: 80-100); BOA (IQA: 52-79); ACEITÁVEL (IQA: 37-51); RUIM (IQA: 20-36) e PÉSSIMA (IQA: 0-19).

### Índice do Estado Trófico (IET)

O cálculo do Índice de Estado Trófico (IET) segue a mesma metodologia adotada pela CETESB que utiliza o Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo *et al.* (1983 e 1984). Desta forma, das iniciais três variáveis apenas duas são aplicadas para o cálculo do índice, clorofila-a e fósforo total. O emprego dos valores de transparência (disco de Secchi) para a obtenção do IET, de acordo com CETESB (2011), pode não ser ideal, visto que tais valores muitas vezes não são representativos do estado de trofia, pois podem ser afetados pela elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos

Na avaliação correspondente a clorofila-a, o índice é tido como medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador do processo de eutrofização, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas (CETESB, 2011). Em relação ao fósforo, consideram-se os resultados como uma medida do potencial de eutrofização do corpo hídrico, uma vez que este nutriente atua como o agente causador do processo (CETESB, 2011).

Assim o Índice do Estado Trófico, será composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila-a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo que as equações para rios e reservatórios serão utilizadas, respectivamente, para ambientes lóticos e lênticos, seguindo a classificação presente na CONAMA 357/05.

### RIOS

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

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

## RESERVATÓRIOS

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

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

onde:

*PT*: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

*CL*: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

*ln*: logaritmo natural.

Nos meses em que estejam disponíveis dados de ambas variáveis, o resultado apresentado nas tabelas será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila-a, segundo a equação:

$$IET = \frac{IET(PT) + IET(CL)}{2}$$

O resultado final segue a classificação abaixo (Tabela 3).

Tabela 3 – Classificação do Índice de Estado Trófico

<b>Categoria</b>	<b>Ponderação</b>
<b>Ultraoligotrófico</b>	<b><math>IET \leq 47</math></b>
<b>Oligotrófico</b>	<b><math>47 &lt; IET \leq 52</math></b>
<b>Mesotrófico</b>	<b><math>52 &lt; IET \leq 59</math></b>
<b>Eutrófico</b>	<b><math>59 &lt; IET \leq 63</math></b>
<b>Supereutrófico</b>	<b><math>63 &lt; IET \leq 67</math></b>
<b>Hipereutrófico</b>	<b><math>IET &gt; 67</math></b>

### Índice de Qualidade de Água de Reservatórios (IQAR)

A metodologia do IQAR foi desenvolvida pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2002) e atualizada em 2009 (IAP, 2009) com objetivo de conhecer as principais características ecológicas de cada reservatório, determinando, em particular, a qualidade das águas e sua tendência ao longo do tempo.

O método define amostragens de água em duas profundidades (Prof.I e Prof.II) para todas as variáveis que compõem este índice (Tabela 4) e, nos casos de anóxia (ausência de oxigênio), em uma terceira profundidade da coluna de água (Prof.III). Exceção se faz à clorofila-a, amostrada apenas na

profundidade I, e às variáveis OD e temperatura, cujas medidas são feitas metro a metro ao longo da profundidade.

As medidas de oxigênio dissolvido e temperatura foram utilizadas para o cálculo da porcentagem de saturação e déficit de oxigênio dissolvido em cada profundidade. Para o cálculo do IQAR o déficit de OD representou a média desta variável ao longo da coluna de água.

Tabela 4 – Variáveis para o IQAR e seus respectivos pesos.

Variáveis	Pesos ( $w_i$ )
Déficit de oxigênio dissolvido (%) *	17
Fósforo Total ( $mg.L^{-1} P$ ) **	12
Nitrogênio Inorgânico Total ( $mg.L^{-1} N$ ) **	8
Clorofila "a" ( $mg/m^3$ ) ***	15
Profundidade Secchi (metros)	12
DQO ( $mg.L^{-1} O_2$ ) **	12
Cianobactérias ( $n^\circ$ de cél./mL) ***	8
Tempo de residência (dias)	10
Profundidade Média (metros)	6

(\*) média da coluna de água

(\*\*) média das profundidades I e II

(\*\*\*) Concentração da profundidade I

O cálculo das profundidades I, II e III, onde devem ser realizadas as amostragens, é realizado com o valor da profundidade do corpo de água e da medida do Disco de Secchi, segundo as fórmulas:

**Profundidade I** =  $Z_{ds} \times 0,54$ , onde:  $Z_{ds}$  = profundidade de Secchi; 0,54 = fator de cálculo da profundidade da zona eufótica onde há 40% da luz incidente (representativa da camada de maior produção primária, i.e, da zona trofogenica).

**Profundidade II** =  $(Z_{max} + Z_{eu}) / 2$ , onde:  $Z_{max}$  = profundidade máxima (m) na estação de amostragem;  $Z_{eu}$  = zona eufótica, que é igual à profundidade de Secchi x 3 (sendo 3 o fator de cálculo da profundidade onde há aproximadamente 1% da luz que incide na superfície da água e na qual a respiração e a decomposição predominam sobre a produção).

**Profundidade III** =  $(início Z_{anox} + final Z_{anox}) / 2$ , onde:  $Z_{anox}$  = zona de anóxia; a profundidade III representa a porção intermediária da zona de anóxia.

O cálculo do IQAR é feito segundo a fórmula:

$$IQAR = \frac{\sum (w_i \times q_i)}{\sum w_i}$$

onde:  $w_i$  é o peso da variável e  $q_i$  a classe da variável

A classe de cada variável (qi) é um valor numérico entre 1 e 6 (Tabela 5) e é definida pela média dos valores de cada variável nas Profundidades I e II, e, nos casos excepcionais, também na profundidade III, observando-se os intervalos da Matriz de Qualidade de Água. Com relação ao déficit de OD, o valor que define a respectiva classe (qi) representa a média dos déficits calculados metro a metro na coluna de água (o déficit é calculado a partir das medidas de OD e dos respectivos percentuais de saturação).

Tabela 5 - Matriz da Qualidade de água

Variáveis	Classes (qi) *					
	1	2	3	4	5	6
Déficit de Oxigênio (%)	≤ 5	6 - 20	21 - 35	36 - 50	51 - 70	> 70
Fósforo Total (mg.L <sup>-1</sup> )	≤ 0,010	0,011 - 0,025	0,026 - 0,040	0,041 - 0,085	0,086 - 0,210	> 0,210
Nitrogênio Inorg. Total (mg.L <sup>-1</sup> )	≤ 0,15	0,16 - 0,25	0,26 - 0,60	0,61 - 2,00	2,00 - 5,00	> 5,00
Clorofila "a" (mg.m <sup>-3</sup> )	≤ 1,5	1,5 - 3,0	3,1 - 5,0	5,1 - 10,0	11,0 - 32,0	> 32
Disco de Secchi (m)	≥ 3	3 - 2,3	2,2 - 1,2	1,1 - 0,6	0,5 - 0,3	< 0,3
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	≤ 3	3 - 5	6 - 8	9 - 14	15 - 30	> 30
Tempo de residência (dias)	≤ 10	11 - 40	41 - 120	121 - 365	366 - 550	> 550
Profundidade média (m)	≥ 35	34 - 15	14 - 7	6 - 3,1	3 - 1,1	< 1
Cianobactérias (cel. mL <sup>-1</sup> ) *	≤ 1.000	1.001 - 5.000	5.001 - 20.000	20.001 - 50.000	50.001 - 100.000	> 100.000

\* Modificada pelo IAP em 2009

A cada campanha de monitoramento são calculados IQAR parciais, sendo que o IQAR final, que define a classe do reservatório, é obtido pela média de 4 índices parciais. O valor numérico do IQAR final classifica o reservatório em uma das seis classes, que representam diferentes níveis de comprometimento, conforme descrição abaixo:

- **Classe I** (não impactado a muito pouco degradado): corpos de água saturados de oxigênio, baixas concentrações de nutrientes e matéria orgânica, alta transparência das águas, densidade de algas muito baixa, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média. A qualidade da água é excelente/ótima;
- **Classe II** (pouco degradado): corpos de água com pequeno aporte de nutrientes, orgânicos e inorgânicos, e matéria orgânica, pequena depleção de oxigênio dissolvido, transparência das águas relativamente alta, baixa densidade de algas, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média. A qualidade da água é muito boa/boa;
- **Classe III** (moderadamente degradado): corpos de água com déficit considerável de OD na coluna d'água, podendo ocorrer anoxia na camada de água próxima ao fundo, em determinados



períodos, médio aporte de nutrientes e matéria orgânica, grande variedade e/ou densidade de algumas espécies de algas (sendo que algumas espécies podem ser predominantes), tendência moderada à eutrofização, tempo de residência das águas considerável. A qualidade da água é regular/aceitável;

- **Classe IV** (criticamente degradado a poluído): corpos de água com entrada de matéria orgânica capaz de produzir uma depleção crítica nos teores de OD da coluna de água, consideráveis aportes de nutrientes, alta tendência a eutrofização, ocasionalmente com desenvolvimento maciço de populações de algas e/ou cianobactérias, ocorrência de reciclagem de nutrientes, baixa transparência das águas associada principalmente à alta turbidez biogênica, ocorrência possível de mortandade de peixes em determinados períodos de acentuado déficit de OD. A qualidade da água é crítica/ruim;

- **Classe V** (muito poluído): corpos de água com altas concentrações de matéria orgânica, geralmente supersaturação de OD na camada superficial e baixa saturação na camada de fundo, grande aporte e alta reciclagem de nutrientes, corpos de água eutrofizados, com florações de algas e/ou cianobactérias que frequentemente cobrem grandes extensões da superfície da água, o que limita a sua transparência. A qualidade da água é muito ruim;

- **Classe VI** (extremamente poluído): corpos de água com condições bióticas seriamente restritas, resultantes da severa poluição por matéria orgânica ou outras substâncias consumidoras de OD, ocasionalmente ocorrem processos de anoxia em toda a coluna de água, aporte e reciclagem de nutrientes muito altos, águas hipereutróficas, com intensas florações de algas e/ou cianobactérias cobrindo todo o espelho d'água e eventual presença de substâncias tóxicas. A qualidade da água é péssima.

#### 2.2.1.3 *Análises da Comunidade Fitoplanctônica*

As amostras de fitoplâncton para estudo quali-quantitativo foram coletadas mergulhando-se um frasco de polietileno (1.000 mL) na sub-superfície da água e fixadas com solução de lugol acético a 1%. Alíquotas de 5 a 30 mL foram colocadas para sedimentar em câmaras de Ütermohl (ÜTERMOHL, 1958) e analisadas em microscópio ótico invertido Olympus BX70, sob aumento de 400 a 600x. A contagem dos organismos seguiu as indicações de Huszar & Giani (2004), que considera transectos e curva de estabilização de espécies. Recomenda-se que pelo menos 100 indivíduos da espécie mais freqüente sejam contados. Os resultados da densidade fitoplanctônica total e individual foram expressos de duas maneiras, em células e em indivíduos por mL. Foram considerados indivíduos: talos

unicelulares, coloniais e filamentosos. Os diferentes grupos fitoplanctônicos (Cyanophyceae, Chlorophyceae, Zygnemaphyceae, Chlamydoephyceae, Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae e outros) foram analisados, quantificados e identificados no menor nível taxonômico possível (gêneros e espécies). A densidade celular de cianobactérias potencialmente hepato ou neurotóxicas e presença ou ausência de florações foram destacadas.

As análises de clorofila-a seguiram as recomendações da USEPA (1997). As amostras foram filtradas através de filtro de fibra de vidro GF/C e os pigmentos foram extraídos através de acetona alcalina 90% (hidróxido de amônia) e estimados em espectrofotômetro Hitachi U2001. O cálculo baseou-se no método tricromático de Humphrey & Jeffrey (1975).

#### 2.2.1.4 *Análises da Comunidade Zooplanctônica*

As amostragens do zooplâncton foram realizadas com o auxílio de uma rede cônica com abertura de malha de 64  $\mu\text{m}$ . As coletas foram realizadas utilizando um balde graduado de 20 litros, filtrando aproximadamente 200 litros de água por amostra próximo da margem do rio. O material coletado foi acondicionado em frascos plásticos de 500 mL, fixados com solução resfriada de sacarose e formaldeído a 4 % e tamponado com carbonato de cálcio.

No laboratório, o material coletado tem sido transferido para frascos plásticos de 120 mL com adição de corante vital Rosa-de-Bengala, para posteriormente serem identificados e quantificados. Os grupos zooplanctônicos, rotíferos (pertencentes à Classe Monogononta) e os microcrustáceos (cladóceros e copépodos), foram quantificados e identificados a nível específico, utilizando bibliografia especializada. Os náuplios e copepoditos de Cyclopoida e Calanoida foram apenas quantificados. As análises quali-quantitativas do zooplâncton foram realizadas através de sub-amostragens com pipeta do tipo Stempel, sendo essas contadas em câmaras de Sedgwick-Rafter e placa de Petri, sob microscópio óptico e estereoscópico. Foram contados pelo menos 100 indivíduos de cada grupo zooplanctônico, e a densidade final foi expressa em indivíduos por  $\text{m}^3$ . As amostras com menores densidades foram analisadas em sua totalidade.

Dados sobre a composição específica da comunidade zooplanctônica foram ordenados em tabelas considerando-se as famílias de cada grupo e a ocorrência dos táxons foi discriminada nos 8 pontos de amostragem nesta fase que sucede o represamento do rio Tibagi no trecho estudo.

#### 2.2.1.5 Análises de Macroinvertebrados bênticos

As estações de coletas utilizadas para o presente estudo foram as preestabelecidas pelo PBA da UHE Mauá, ou seja, acompanham as estações de monitoramento de águas superficiais. Para a coleta dos macroinvertebrados bênticos foram utilizadas várias técnicas de captura dependendo do substrato a ser amostrado e da profundidade (BICUDO *et al.*, 2004).

Nas estações que apresentaram mais de 1,0 m de profundidade para coleta dos macroinvertebrados bênticos foi utilizado um pegador de fundo do tipo Petit Ponar solto através de um guincho (Figura 11 A e B). Este amostrador também chamado de busca fundo coleta uma área conhecida por meio de sua penetração no sedimento em função do seu peso. Esta técnica de amostragem foi realizada nas estações E3, E4, E6 e E10.

Durante estes primeiros meses do período do enchimento do reservatório as amostragens nas estações E4, E6 e E10 tem sido mais investigativa. Várias tentativas de coleta de sedimento foram realizadas, contudo sem muito sucesso. O motivo deve-se ao período de transição do volume do reservatório. A zona litoral onde serão realizadas as coletas de macroinvertebrados ainda não foi definida em função da cota de enchimento do reservatório ainda não ter sido atingida neste período. Por isto, em muitas tentativas de coleta o material recolhido era sedimento e restos de vegetação submersa das margens.

A grande maioria dos macroinvertebrados aquáticos de reservatório localiza-se na zona conhecida como litoral que vai desde o supralitoral situado acima do nível da água, mas sujeito aos salpicos das ondas, passando pela zona eulitoral que compreende entre o nível sazonal mais elevado e mais baixo da água até o infralitoral. O infralitoral é a porção do litoral mais explorada pelos invertebrados isto porque é onde geralmente é observada a vegetação macrófita. No infralitoral superior a vegetação macrófita é emergente, com raízes; no infralitoral médio a vegetação possui folhas flutuantes, com raízes; e no infralitoral inferior as macrófitas são submersas ou não há vegetação.

Estas zonas que integram água-terra apresentam grande importância para os macroinvertebrados aquáticos, pois desempenham as funções de proteção estrutural de habitats, o controle do fluxo e vazão de água, o fornecimento de abrigo e sombra, a manutenção da qualidade da água, a filtragem de substâncias que chegam ao corpo d'água, o fornecimento de matéria orgânica e detritos e substrato para a fixação de algas e perífiton que são fonte de alimento.

Neste estudo as coletas dos macroinvertebrados no reservatório estão sendo coletados na zona litoral já que as regiões mais profundas possivelmente sejam anóxicas (EPA, 1998).

Para as coletas dos macroinvertebrados bênticos associados aos fundos rochosos foi utilizado um amostrador do tipo surber posicionado junto às margens em locais mais rasos (Figura 11 C e D).

Nas duas técnicas quantitativas foram realizadas cinco réplicas amostrais em cada estação de coleta.

Coletas manuais em troncos, restos de vegetação submersa e em raízes e partes aéreas de macrófitas foram realizadas para a obtenção de uma amostragem qualitativa dos organismos. Nos ambientes marginais, como gramíneas, macrófitas emersas ou baixios não vegetados, uma rede do tipo puçá, com malha de 0,5 mm de diâmetro, arrastada sob a vegetação.

As amostras foram fixadas em campo com uma solução de formalina a 10 %.



A.



B.



C.



D.

*Figura 11 - Equipamentos utilizados para as coletas quantitativas dos macroinvertebrados bênticos. A e B. Método de utilização do Petit Ponar e uma amostra coletada com este amostrador; C e D. Surber e método de coletas.*

Em laboratório as amostras foram lavadas em uma peneira com malha 0,5 mm e transferidas para cubas plásticas para o procedimento das triagens. Os animais foram coletados com auxílio de pinças e preservados em uma solução de álcool 70 %. Os organismos foram contados e identificados sob microscópio estereoscópico até a menor categoria taxonômica possível (Figura 12).

Os exemplares serão tombados junto às coleções de invertebrados do Museu de História Natural Capão da Imbuia em Curitiba e ficará disponível para consultas.



A.



B.



C.

Figura 12 - Procedimentos com as amostras de macroinvertebrados bênticos em laboratório. A. Estocagem; B. triagem das amostras e C. Identificação dos organismos.

#### 2.2.1.6 Análises para verificação da presença de larvas de *Limnoperna fortunei*

Para análise da possível presença de *Limnoperna fortunei* (mexilhão dourado) na área do empreendimento UHE Mauá foi realizado diagnóstico da região através do monitoramento de larvas e busca ativa. Para o monitoramento de larvas foram coletadas amostras de água através da técnica de arrasto com rede de plâncton de malha de 64 µm, pelo período de 5 minutos, as amostras foram concentradas, transferidas para recipientes adequados e fixadas em álcool 70%. Inicialmente amostras de água foram coletadas nas oito estações de coleta de qualidade de água e submetidas à análise sob microscópio estereoscópio. Depois de realizado diagnóstico geral da região, as coletas de água foram realizadas trimestralmente nas estações E2 (rio Tibagi, a jusante da Kablin) e E6 (rio Tibagi, a montante da barragem) e submetidas primeiramente à análise preliminar sob microscópio estereoscópio e, posteriormente, à análise molecular.

Para a análise molecular, as amostras de plâncton foram filtradas em laboratório com auxílio de uma bomba a vácuo, assim separando o plâncton da água e possibilitando a extração mais eficiente do DNA dessas amostras. A extração do DNA do plâncton se deu com a utilização de protocolo especial definido previamente pela equipe de trabalho. Em seguida, o DNA extraído foi amplificado com marcadores específicos para a espécie *Limnoperna fortunei*. Após a amplificação, o DNA foi submetido à eletroforese de agarose (1,5%) e o padrão de bandas visualizado foi utilizado na determinação da presença ou ausência de larvas de *C. fluminea* e *L. fortunei* na amostra. Essa análise é feita pela comparação com o padrão de bandas formadas por um controle positivo (DNA de *C. fluminea* e *L. fortunei* adulto). Também foram amplificadas diluições de 1:10, 1:100 e 1:1000 de todas amostras de DNA extraído, a fim de melhor visualização dos resultados, já que em testes realizados anteriormente, bandas de amostras diluídas em comparação às concentradas foram mais evidentes, pois o excesso de DNA pode inibir sua própria amplificação (Boeger *et al.*, 2007).

Através dessa técnica, extremamente precisa, uma única larva de mexilhão em uma amostra de até 2.000 litros de água é detectada, o processo é rápido e seguro.

### 2.2.2 Sub-Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas

#### 2.2.2.1 Malha amostral e frequência de amostragem

No que concerne ao monitoramento do aquífero freático, este foi realizado através de duas baterias de poços de monitoramento, cada uma composta por 13 poços, com 20 m de profundidade,

distanciados 1,25 m uns dos outros, ao longo de uma linha com cerca de 150 m de comprimento. As baterias de piezômetros estão localizadas na margem direita (BP1) e esquerda (BP2) do rio Tibagi.

A bateria BP1 se localiza contígua a uma drenagem situada na margem direita do rio Tibagi, na estrada de acesso às minas desativadas da Klabin, logo após as linhas de transmissão de alta tensão que cruza a estrada. A bateria BP2 está localizada na área do segmento do reservatório correspondente ao rio Barra Grande, nas proximidades onde foi construída a ponte sobre esse rio.

Os piezômetros do aquífero freático implantados nas imediações das margens reservatório da UHE Mauá foram perfurados em rochas da Formação Palermo, sendo o substrato constituído por folhelhos, cujas propriedades hidráulicas são desfavoráveis à infiltração da água e seu acúmulo em subsuperfície. Quanto ao monitoramento dos aquíferos profundos, este está sendo realizado através de cinco poços tubulares profundos existentes na região linderia ao reservatório da UHE Mauá. As coordenadas de localização dos poços profundos (Tabela 6) e a indicação do início da bateria de piezômetros estão ilustradas na Figura 13.

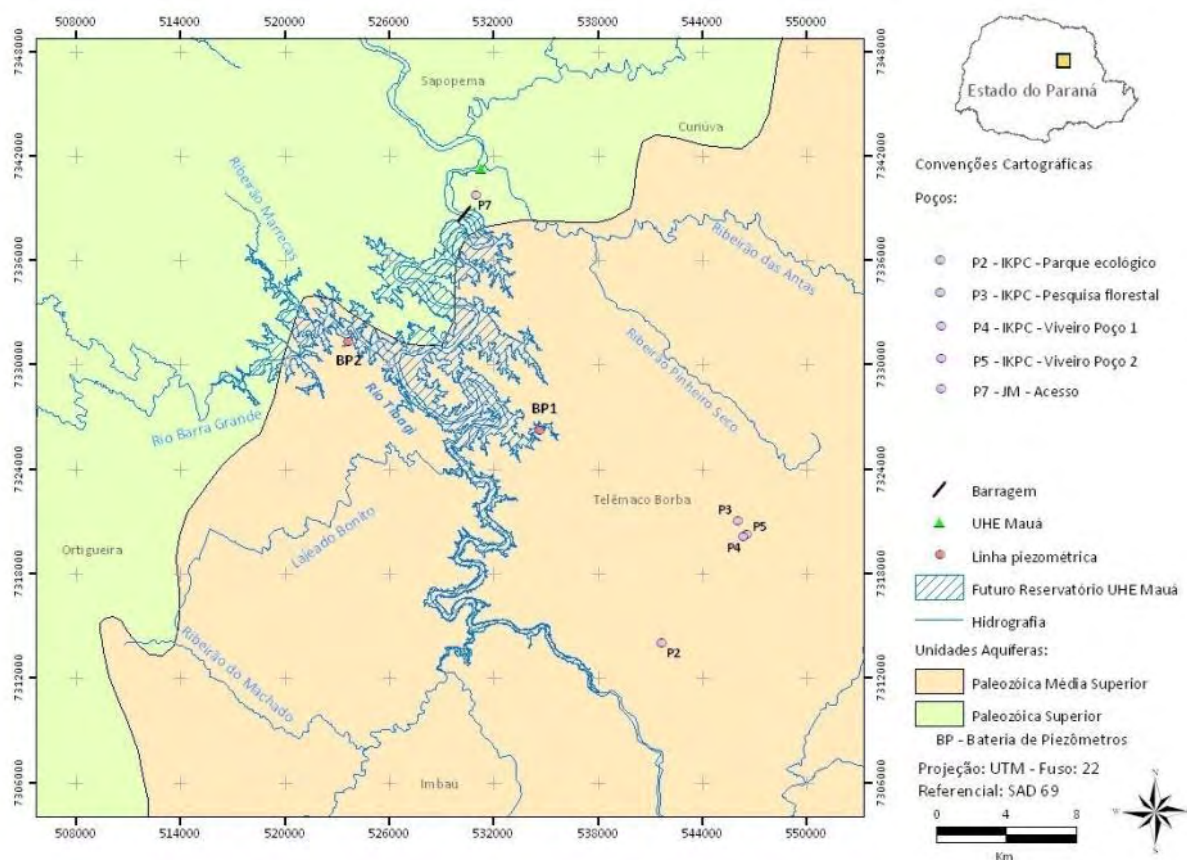


Figura 13 - Localização dos poços de monitoramento dos aquíferos profundos e situação das baterias de piezômetros BP1 e BP2, no contexto de um esboço dos compartimentos hidrogeológicos considerados pelo Instituto das Águas do Paraná (extinta SUDERHSA).

Tabela 6 - Localização dos poços tubulares profundos utilizados para o monitoramento da qualidade da água subterrânea na área do reservatório da UHE Mauá.

Poço	Local	Situação	UTM (N)	UTM (E)
P2	IKPC - Parque ecológico	Em produção	7314012	541629
P3	IKPC - Pesquisa florestal	Em produção	7321060	545996
P4	IKPC – Viveiro Poço 1	Em produção	7320255	546532
P5	IKPC - Viveiro Poço 2	Em produção	7320136	546359
P7	JM - Acesso	Em produção	7339785	531000

### 3 RESULTADOS PRELIMINARES

#### 3.1 Sub-Programa de Monitoramento de Águas Superficiais

##### 3.1.1 Monitoramento de parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água e Índices de Qualidade de Água

As tabelas a seguir mostram os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas das amostras de água coletadas mensalmente nas estações de amostragem localizadas no rio Tibagi e afluentes, além dos respectivos Índices de Qualidade das Águas - IQA e Índice de Estado Trófico - IET, referentes ao período monitorado entre os meses de julho/12 e setembro/12.

A região de estudo apresentou, durante os períodos de monitoramento, concentração de oxigênio dissolvido acima do limite mínimo ( $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ) estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. Exceção se faz à amostra coletada em agosto/12, na estação E4, quando a concentração esteve baixa, em  $2,3 \text{ mg.L}^{-1}$ , no entanto, no mês seguinte a concentração de OD registrada na mesma estação foi de  $7,1 \text{ mg.L}^{-1}$ . Nos demais meses e estações, os valores variaram entre  $10,3 \text{ mg.L}^{-1}$  (E3 – julho/12) e  $5,2 \text{ mg.L}^{-1}$  (E3 – setembro/12).

O pH das águas da região de estudo esteve fora do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, entre 6,0 e 9,0, para rios de Classe 2, somente na estação E1 (montante), no mês de julho/12. Nos demais meses e estações, os valores registrados estiveram entre 8,4 (E6, agosto/12) e 6,0 (E6, julho/12).

Coliformes totais estiveram elevados nas estações E1, E2 e E6, especialmente no mês de julho/12, quando nestas estações os valores variaram entre  $12.000 \text{ NMP.100mL}^{-1}$  e  $31.000 \text{ NMP.100mL}^{-1}$ . Apesar de não legislados os limites para esta variável, sua presença em concentrações elevadas pode ser indicativo de aporte de matéria orgânica ao corpo hídrico.



Coliformes termotolerantes, medidos em *Escherichia coli*, ultrapassaram o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2 ( $\leq 1.000 \text{ NMP.100mL}^{-1}$ ), somente na estação E2, a jusante de Telêmaco Borba, no mês de julho/12, com concentração de  $1.600 \text{ NMP.100mL}^{-1}$ . Apesar de sempre inferiores ao limite supracitado, os valores mais elevados de cada mês de monitoramento foram registrados na estação E2, o que pode demonstrar a influência do centro urbano na qualidade da água. A presença de coliformes termotolerantes é indicativa de contaminação das águas por material de origem fecal.

Fenóis totais foram avaliados na estação E2, localizada a jusante da cidade de Telêmaco Borba e também da indústria Klabin Papel & Celulose. Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. Podem também ser encontrados em pequenas concentrações em águas superficiais por serem constituintes das plantas, podendo também ser formados durante os processos de humificação no solo (YABE *et al.*, 2000). Indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais. Os fenóis são encontrados também em efluentes de indústrias que não tem como base principal de produção o fenol ou seus derivados. Exemplos de indústrias que tem fenóis em seus efluentes são a de papel e celulose, têxtil, cerâmica, mineradoras de carvão, coquearias entre tantas outras (BARBOSA *et al.*, 1994 citado por CESCNETTO-NETO, 2002). São também liberados no ambiente pela degradação de pesticidas com estrutura fenólica (YABE *et al.*, 2000).

Tabela 7 - Resultados analíticos de qualidade de água nas estações E1 a E4, no período de julho/12 a setembro/12

PONTO	Limites*	E1				E2				E3				E4			
		16/07/2012	27/08/2012	24/09/2012	16/07/2012	27/08/2012	16/07/2012	24/09/2012	17/07/2012	28/08/2012	25/09/2012	19/07/2012	30/08/2012	27/09/2012			
Data de coleta	-	16/07/2012	27/08/2012	24/09/2012	16/07/2012	27/08/2012	24/09/2012	17/07/2012	28/08/2012	25/09/2012	19/07/2012	30/08/2012	27/09/2012				
Altitude (m)	-	655	654	662	659	642	651	700	648	788	611	629	627				
Profundidade de Coleta (m)	-	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30				
T água (°C)	-	13,5	18,4	18,4	13,7	19,2	19,7	11,5	15,4	18,0	15,0	18,3	20,1				
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	≥ 5,00	9,9	10,0	9,3	9,9	9,9	8,9	10,3	9,3	8,3	9,8	2,3	7,2				
OD sat (%)	-	102,6	114,4	106,5	102,3	114,5	104,6	102,4	100,2	95,3	103,7	26,3	85,0				
Secchi (m)	-	0,45	1,10	0,25	0,40	0,80	0,25	1,00	1,05	0,75	0,35	1,20	1,30				
pH	6,0 a 9,0	5,6	7,4	6,4	7,1	7,7	7,1	7,9	7,5	7,3	7,0	6,7	6,7				
Condutividade (µS.cm <sup>-1</sup> )	-	45	46	45	45	59	58	40	49	52	44	62	67				
P Total (mg.L <sup>-1</sup> )	**	0,124	0,036	0,074	0,194	0,037	0,085	0,082	0,019	0,033	0,087	0,025	0,033				
P Reativo (mg.L <sup>-1</sup> )	-	< 0,01	< 0,01	0,02	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01				
N Total (mg.L <sup>-1</sup> )	***	1,60	1,60	4,50	1,30	1,50	3,10	0,50	< 0,5	2,50	1,40	1,00	2,00				
Amônia (mg.L <sup>-1</sup> )	****	0,24	0,20	0,23	0,17	0,16	0,22	0,17	0,13	0,15	0,15	0,15	0,22				
Nitrito (mg.L <sup>-1</sup> )	1,0	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03				
Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	10	0,68	0,73	0,63	0,65	0,68	0,43	0,06	0,20	0,25	0,53	0,25	0,33				
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	-	69	40	74	60	55	77	45	48	30	53	54	54				
Turbidez (NTU)	100	6	4	15	6	5	12	3	4	6	7	2	3				
Sulfato Total (mg.L <sup>-1</sup> )	250	1,9	1,4	2,1	2,0	3,6	2,2	0,6	0,8	0,8	1,6	1,4	2,5				
Cloreto Total (mg.L <sup>-1</sup> )	250	4,20	2,10	1,90	2,50	3,20	2,00	0,50	0,60	0,70	1,90	2,10	2,40				
Sódio (mg.L <sup>-1</sup> )	-	2,05	2,80	2,62	3,30	5,10	4,55	2,20	2,40	2,44	2,90	4,48	4,68				
Magnésio (mg.L <sup>-1</sup> )	-	1,20	1,21	1,27	1,20	1,24	1,26	1,30	1,48	1,75	1,20	1,37	1,45				
Potássio (mg.L <sup>-1</sup> )	-	2,20	1,20	2,62	2,05	1,30	2,70	1,70	1,73	2,39	2,00	1,95	2,29				
Cálcio (mg.L <sup>-1</sup> )	-	1,70	2,02	1,76	1,70	2,33	1,94	2,20	2,75	3,17	1,70	2,50	2,16				
Alcalinidade Total (mg.L <sup>-1</sup> )	-	16	30	21	20	30	25	28	36	30	18	32	25				
Dureza Total (mg.L <sup>-1</sup> )	-	9	10	10	9	11	10	11	13	15	9	12	12				
Coliformes Totais (NMP.100mL <sup>-1</sup> )	-	12.000	1.700	2.300	14.000	1.700	2.300	3.200	490	1.300	4.900	28	330				
Coliformes Termotolerantes (NMP.100mL <sup>-1</sup> )	≤ 1.000	460	26	330	1.600	330	790	210	49	330	220	< 1,8	5				
Fitoplâncton (cel.mL <sup>-1</sup> )	-	126	1.501	2.882	49	4.855	3.527	191	388	1.202	184	3.817	2.957				
Cianobactérias (cel.mL <sup>-1</sup> )	50.000	0	47	0	0	3.828	676	0	46	0	0	928	176				
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	≤ 5,00	1,79	1,20	1,52	< 1,00	1,49	1,77	< 1,00	< 1,00	< 1,00	1,00	< 1,00	1,33				
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	-	15,04	7,03	18,18	12,53	14,07	30,30	5,51	8,02	< 2,00	13,06	8,58	15,92				
Clorofila-a (10 <sup>6</sup> g.L <sup>-1</sup> )	30	1,00	2,78	SD	0,96	3,52	SD	0,39	1,34	SD	0,68	6,17	SD				
N/P	-	28	98	134	15	89	80	13	58	167	36	88	134				
Carbono Orgânico Total (mg.L <sup>-1</sup> )	-	4,90	1,10	2,60	3,20	3,40	3,40	1,50	1,80	2,00	3,10	1,40	2,30				
Fosfatos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	0,003	-	-	-	0,14	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-				
IQA	-	67	84	72	69	76	71	78	84	76	77	69	87				
IET	-	55	56	56	56	57	57	49	51	52	57	59	63				

\* Esta tabela foi elaborada de acordo com a resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2

\*\* 0,1 mg.L<sup>-1</sup> para Ambientes Lóticos; 0,05 mg.L<sup>-1</sup> para Ambientes Intermediários e tributários diretos de ambientes lóticos (E3), 0,03 mg.L<sup>-1</sup> para ambientes lénticos (E4, E6 e E10);

\*\*\* Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 2,18 mg.L<sup>-1</sup> para ambientes lóticos e 1,27 para ambientes lénticos (E4, E6 e E10).

\*\*\*\* 3,7 mg.L<sup>-1</sup> N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg.L<sup>-1</sup> N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg.L<sup>-1</sup> N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg.L<sup>-1</sup> N, para pH > 8,5.

Tabela 8 - Resultados analíticos de qualidade de água nas estações E6 a E10, no período de julho/12 a setembro/12

PONTO Data da coleta	E6		E7		E9		E10					
	18/07/2012	29/08/2012	26/09/2012	19/07/2012	30/08/2012	26/09/2012	18/07/2012	29/08/2012	26/09/2012	17/07/2012	28/08/2012	25/09/2012
Altitude (m)	608	631	635	522	519	509	574	578	576	611	634	630
Profundidade de Coleta (m)	0,76	0,62	1,24	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,59	0,46	0,59
T água (°C)	16,7	19,4	20,7	12,0	16,4	17,3	16,7	19,1	17,0	16,1	20,8	22,9
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	8,0	10,1	5,2	10,0	9,6	9,2	9,6	8,8	8,7	5,9	10,0	8,3
OD sat (%)	88,2	118,1	62,2	98,4	103,4	101,2	105,1	101,4	95,9	63,5	119,2	103,9
Secchi (m)	1,40	1,15	2,30	0,65	0,75	0,80	0,40	1,10	1,50	1,10	0,85	1,10
pH	6,0	8,4	7,1	7,3	7,6	7,9	6,4	8,1	7,6	6,9	6,4	7,4
Condutividade (µS.cm <sup>-1</sup> )	40	45	50	55	46	52	42	46	49	45	63	60
P Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,106	0,026	0,025	0,081	0,026	0,031	0,096	0,024	0,029	0,071	0,047	0,034
P Reactivo (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
N Total (mg.L <sup>-1</sup> )	1,00	1,10	1,00	2,90	1,30	0,90	1,30	0,80	0,70	1,50	0,70	1,10
Amônia (mg.L <sup>-1</sup> )	0,17	0,16	0,27	0,13	0,15	0,18	0,18	0,14	0,20	0,17	0,16	0,10
Nitrito (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	0,47	0,19	0,16	0,27	0,71	0,30	0,52	0,25	0,16	0,42	0,22	0,22
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	40	37	36	57	45	51	47	40	42	52	39	45
Turbidez (NTU)	2	2	2	3	2	3	5	2	2	2	11	2
Sulfato Total (mg.L <sup>-1</sup> )	1,4	1,4	2,3	< 0,1	3,4	2,3	1,6	1,7	2,3	1,1	2,4	2,6
Cloreto Total (mg.L <sup>-1</sup> )	1,70	2,10	2,40	0,60	26,00	1,90	1,70	2,40	2,40	1,50	2,60	2,30
Sódio (mg.L <sup>-1</sup> )	2,10	2,26	3,23	2,55	2,47	2,83	2,15	2,36	3,31	2,35	3,40	4,67
Magnésio (mg.L <sup>-1</sup> )	1,10	1,16	1,24	1,60	1,37	1,35	1,20	1,16	1,27	1,20	1,16	1,38
Potássio (mg.L <sup>-1</sup> )	2,20	2,35	2,47	1,95	2,40	2,36	2,05	2,40	2,29	2,20	2,33	2,35
Cálcio (mg.L <sup>-1</sup> )	1,70	1,81	1,87	3,60	2,36	2,34	1,90	1,95	1,95	2,20	2,01	2,18
Alcalinidade Total (mg.L <sup>-1</sup> )	18	29	21	33	27	24	19	28	23	21	29	26
Dureza Total (mg.L <sup>-1</sup> )	9	9	10	16	12	12	10	10	10	10	10	11
Califormes Totais (NMP.100mL <sup>-1</sup> )	31.000	38	94	1.400	350	3.300	2.000	720	210	3.600	27	220
Califormes Termotolerantes (NMP.100mL <sup>-1</sup> )	1	< 1,8	2	460	14	33	1	< 1,8	13	20	5	130
Fitoplâncton (cel.mL <sup>-1</sup> )	4.459	93.484	2.395	188	97.696	794	215	80.344	1.813	1.613	32.549	30.351
Cianobactérias (cel.mL <sup>-1</sup> )	46	0	100	0	87	57	0	27	422	0	852	0
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	1,40	< 1,00	1,70	< 1,00	1,30	1,86	< 1,00	< 1,00	2,67	1,10	4,46	4,03
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	7,03	7,57	9,45	8,54	8,08	16,91	8,04	8,08	16,91	6,52	16,05	24,19
Clorofila-a (10 <sup>6</sup> g.L <sup>-1</sup> )	5,83	31,80	SD	0,93	31,70	SD	0,72	32,40	SD	2,73	59,01	SD
N/P	21	93	88	79	110	64	30	74	53	47	33	71
Carbono Orgânico Total (mg.L <sup>-1</sup> )	3,50	3,80	SD	2,00	4,60	1,90	3,10	3,90	86	2,60	3,50	2,20
IOA	86	90	85	75	87	84	90	92	86	79	82	78
IET	63	63	62	53	65	52	52	65	51	60	66	64

\* Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de Classe 2

\*\* 0,1 mg.L<sup>-1</sup> para Ambientes Lóticos; 0,05 mg.L<sup>-1</sup> para Ambientes Intermediários e tributários diretos de ambientes lênticos (E3), 0,03 mg.L<sup>-1</sup> para ambientes lênticos (E4, E6 e E10);

\*\*\* Quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização: 2,18 mg.L<sup>-1</sup> para ambientes lóticos e 1,27 para ambientes lênticos (E4, E6 e E10).

\*\*\*\* 3,7 mg.L<sup>-1</sup> N, para pH <= 7,5; 2,0 mg.L<sup>-1</sup> N, para 7,5 < pH <= 8,0; 1,0 mg.L<sup>-1</sup> N, para 8,0 < pH <= 8,5; 0,5 mg.L<sup>-1</sup> N, para pH > 8,5.

Nas águas naturais, os padrões para os compostos fenólicos são bastante restritivos. Na Resolução CONAMA 357/05, o limite estabelecido é de  $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$ . Nas águas tratadas, os fenóis reagem com o cloro livre formando os clorofenóis que produzem sabor e odor na água (CETESB, 2009). Na estação E2, os valores registrados nos três eventos de monitoramento, mostraram concentrações acima do limite máximo legislado. Em agosto/12 e setembro/12, a concentração registrada foi de  $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ , quase sete vezes o valor limite. Já no mês de julho/12, o valor de fenóis totais esteve 45 vezes acima do limite, quando a concentração observada foi de  $0,14 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Para a avaliação do fósforo total (Figura 14), segundo as orientações da Resolução CONAMA 357/05, o reservatório de Mauá (estações E4, E6 e E10) foi classificado como ambiente lêntico, em função do seu tempo de residência, que é superior a 40 dias (cerca de 88 dias). Para esta situação, o limite do fósforo para a Classe 2 ( $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ ) foi ultrapassado no mês de julho/12, nas três estações, com a concentração mais elevada registrada na estação E6 ( $0,106 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Valor acima do limite também foi registrado na estação E10 (rio Barra Grande), no mês de agosto/12. A estação E3, localizada no rio Imbauzinho, foi classificada como tributário de ambiente lênticos e nesta situação o limite aplicável é de  $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ . Este limite foi ultrapassado também em julho/12, com a concentração de  $0,082 \text{ mg.L}^{-1}$ .

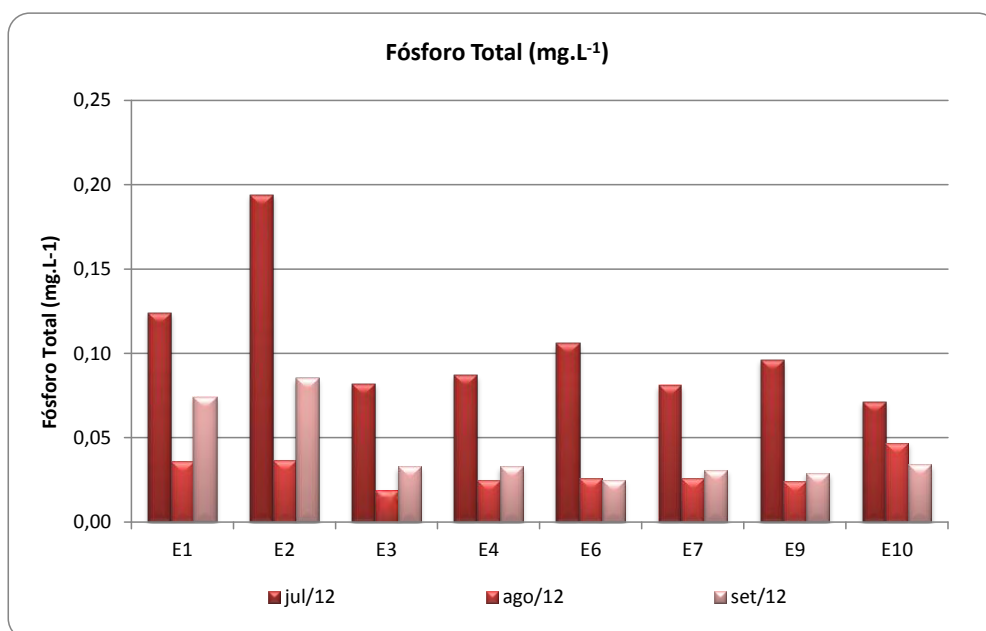


Figura 14 – Variações espaciais e temporais do fósforo total na região de estudo.

As demais estações foram classificadas como ambientes lóticos, em função de seu tempo de residência, sendo o limite de  $0,10 \text{ mg.L}^{-1}$ . O que se observa, especialmente nas estações E1 (montante) e E2 (jusante de Telêmaco Borba) é a presença de concentrações mais elevadas de fóforo

total a montante ou no início do reservatório. No mês de julho/12, valores acima do limite supracitado foram registrados em ambas as estações, com o registro da concentração máxima observada no presente monitoramento, na estação E2, com  $0,192 \text{ mg.L}^{-1}$ , valor este que corresponde a quase o dobro do limite máximo legislado. As estações E7 e E9 não registraram desacordos.

No intuito de contribuir com o diagnóstico de nutrientes que influenciam o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica, o comportamento espacial e temporal da variável nitrogênio total foi ilustrado na Figura 15. Temporalmente, observa-se que os maiores aportes foram registrados no mês de setembro/12, especialmente nas estações do início do reservatório (E1, E2, E3 e E4), indicando contribuições expressivas de montante. Na estação E1 e E2, no mês de setembro/12, as concentrações foram de  $4,5 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $3,1 \text{ mg.L}^{-1}$ , respectivamente. Nas demais estações, maiores aportes foram registrados no mês de julho/12 (E7, E9 e E10), sendo o maior valor registrado em E7, a jusante da usina, de  $2,9 \text{ mg.L}^{-1}$ .

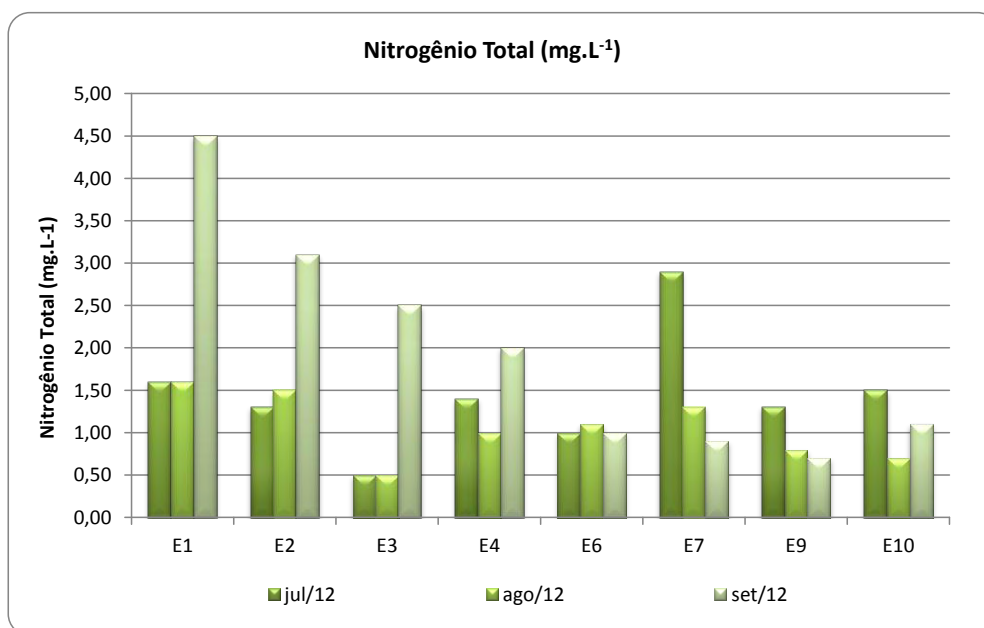


Figura 15 – Variações espaciais e temporais do nitrogênio total na região de estudo.

A análise da relação molar nitrogênio/fósforo (N/P) indicou que o fósforo continua sendo o nutriente limitante ao desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica na região do empreendimento UHE Mauá, bem como a montante e a jusante do mesmo, visto que  $N/P > 12$  (JORGENSEN & VOLLENWEIDER, 1989).

Os valores registrados para DBO estiveram dentro do limite de  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ , constante na Resolução CONAMA 357/05. A concentração mais elevada registrada ocorreu na estação E10, no mês de agosto, de  $4,46 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Fitoplâncton e clorofila-a tem sido coletados todos os meses na região do empreendimento, sendo seus valores apresentados na Tabela 12 e Tabela 13. No entanto, no mês de setembro/12, em função de problemas de logística do laboratório do LACTEC, as amostras de clorofila-a foram extraviadas (constando como SD nas tabelas). As amostras de fitoplâncton qualitativo e quantitativo foram procedidas. Para repor tal análise de clorofila-a, nova coleta foi realizada na sequência, no início de outubro/12. Contudo, como os resultados de fitoplâncton foram bastante distintos entre a coleta de setembro/12 e a extra, realizada em outubro/12, optou-se por apresentar estes dados de forma destacada na Tabela 9.

Na Tabela 9 são observados os dados da campanha do início de outubro, indicando desacordos com a Resolução CONAMA 357/05, especialmente nas estações de montante (E1 e E2). Estes desacordos relacionam-se à densidade de cianobactérias (E2) e concentração de clorofila-a (E1 e E2), e serão discutidos em item a parte, exclusivamente sobre a comunidade fitoplanctônica (2.2.1.3).

Tabela 9 – Resultado da campanha extra de fitoplâncton e clorofila, realizada no início de outubro/12.

Pontos	Limites*	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
Data de coleta	-	08/10/2012	08/10/2012	08/10/2012	09/10/2012	09/10/2012	09/10/2012	09/10/2012	08/10/2012
Dens. de fitoplâncton (cel.mL <sup>-1</sup> )	-	47.136	122.541	2.222	18.285	8.232	2.090	2.710	27.143
Dens. de cianobactérias (cel.mL <sup>-1</sup> )	50.000	13.358	87.972	507	171	1.508	578	82	255
Densidade cianobact. potencialmente tóxicas (cel.mL <sup>-1</sup> )	-	589	11.295	0	79	1.476	0	0	0
Clorofila-a (cel.mL <sup>-1</sup> )	30	44,1	50,6	4,6	15,8	7,9	4,2	6,2	16,2

### 3.1.1.1 Índice de Qualidade de Água – IQA

Os índices de qualidade das águas (Figura 16) indicam uma classificação para a qualidade dos corpos hídricos a partir da integração de variáveis de qualidade específicas, de acordo com os múltiplos usos desse recurso (CETESB, 2009).

Os valores de IQA, no período avaliado, estiveram entre 67 e 92, indicando águas de boa e ótima qualidade, segundo critérios da CETESB, desde que não apresentem qualquer grau de toxicidade. Cabe salientar que este índice apresenta algumas limitações, entre elas a de considerar apenas a sua utilização para o abastecimento público.

Temporalmente observa-se que os valores observados foram mais baixos no mês de julho/12 e, espacialmente, também mais baixos nas estações de montante (E1 e E2).

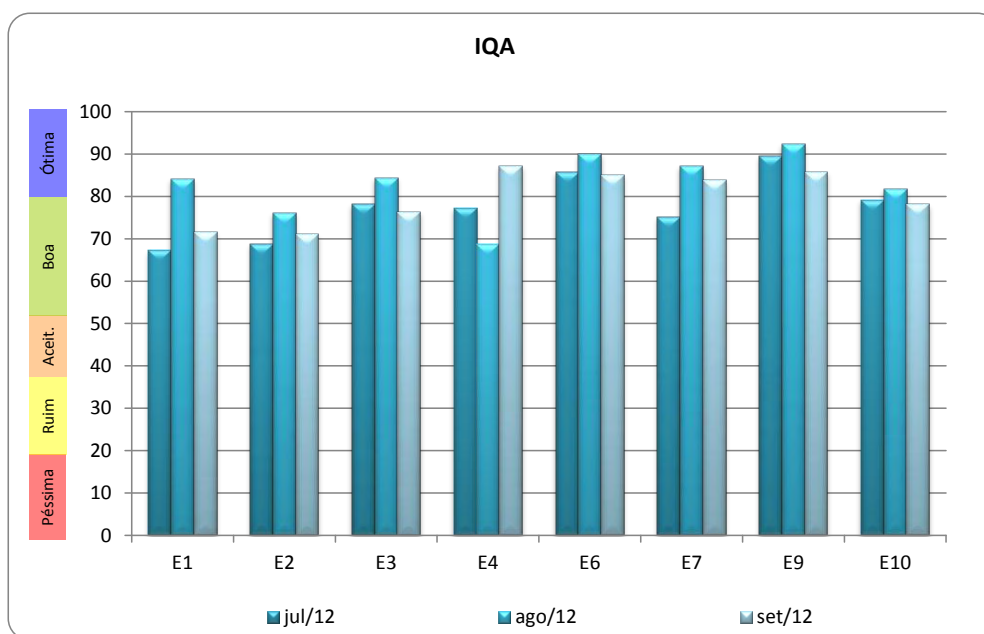


Figura 16 – Variações espaciais e temporais do Índice de Qualidade de Água (IQA) na região de estudo.

### 3.1.1.2 Índice de Estado Trófico – IET

O Índice de Estado Trófico (IET) tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia (Figura 17). Assim, o IET avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de cianobactérias, algas e macrófitas aquáticas. O Índice de Estado Trófico foi calculado com base nos valores de Fósforo Total e Clorofila-a obtidos para as estações de monitoramento.

Para as estações E1, E2, E3, E7 e E9, foi utilizada a fórmula específica para rios, sendo que para as estações E4, E6 e E10 foi aplicada a fórmula do IET para reservatórios (LAMPARELLI, 2004).

Valores mais elevados de IET, que indicam águas mais enriquecidas por nutrientes, foram registrados nas estações E7, E9 e E9, especialmente nos meses de agosto/12. As estações de reservatório indicaram valores mais elevados de IET em relação às estações de rio, por ser mais restritiva a situação encontrada em um reservatório, refletido nas fórmulas de cálculo do índice (Tabela 10).

Tabela 10 – Resultados do IET por estação de amostragem.

	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
<b>Julho/12</b>	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico
<b>Agosto/12</b>	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
<b>Setembro/12</b>	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Supereutrófico	Eutrófico	Oligotrófico	Oligotrófico	Supereutrófico

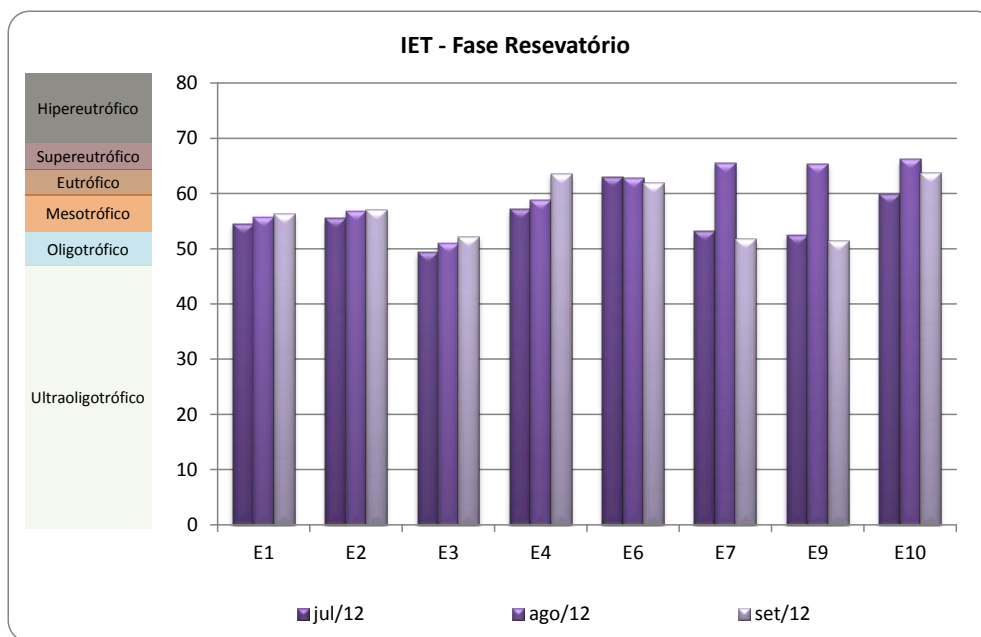


Figura 17 – Variações espaciais e temporais do Índice de Estado Trófico (IET) na região de estudo.

A campanha extra realizada no início de outubro/12, já indicou resultados diferentes dos acima apresentados. Sendo os mesmos IETs calculados exclusivamente com os dados de clorofila-a, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados do IET por estação de amostragem, calculado exclusivamente com valores de clorofila-a da campanha extra.

	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10
<b>Campanha Extra</b>	Hiper-eutrófico	Hiper-eutrófico	Super-eutrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Super-eutrófico	Eutrófico

Conforme se observa, as estações de montante se apresentam mais comprometidas na coleta extra do início de outubro/12, uma vez que os valores de clorofila estiveram elevados.

### 3.1.1.3 Índice de Qualidade de Água de Reservatórios – IQAR

Algumas variáveis limnológicas foram analisadas em duas estações no reservatório, E6 e E10, em duas profundidades ou três profundidades, com objetivo do cálculo do IQAR. Os resultados analíticos relativos à estação E6 encontram-se na Tabela 12 e os resultados referentes à estação E10 na Tabela 13. No mês de setembro/12, o extravio da amostra de clorofila-a inviabilizou o cálculo do índice.



Tabela 12 – Resultados analíticos de qualidade de água do reservatório da UHE Mauá, estação E6, em diferentes profundidades.

Data da coleta	Limites*	Reservatório de Mauá - Estação E6						
		18/07/12		29/08/12		26/09/12		
		Prof. I	Prof. II	Prof. I	Prof. II	Prof. I	Prof. II	Prof. III
Prof. de Coleta (m)	-	0,76	19,10	0,62	28,22	1,24	20,45	26,00
T água (°C)	-	16,7	16,5	19,4	14,2	20,7	16,1	15,6
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	≥5,00	8,03	6,75	10,13	4,13	5,20	0,21	0,25
P Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,03	0,11	0,13	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06
N Total (mg.L <sup>-1</sup> )	**	1,00	2,40	1,10	1,10	1,00	< 0,5	0,50
N-NH <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	***	0,17	0,17	0,16	0,17	0,27	0,20	0,17
N-Nitrito(mg.L <sup>-1</sup> )	1	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
N-Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	10	0,47	0,49	0,19	0,69	0,16	0,09	0,28
N Total Inorgânico(mg.L <sup>-1</sup> )	-	0,67	0,69	0,38	0,89	0,46	0,32	0,48
DBO (mgO <sub>2</sub> . L <sup>-1</sup> )	<5,00	1,40	1,80	< 1,00	< 1,00	1,70	1,49	< 1,00
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	-	7,03	2,51	7,57	8,58	9,45	10,45	9,45
Clorofila-a (µg.L <sup>-1</sup> )	30	5,83		31,80		SD		
Fitoplâncton (cel.mL <sup>-1</sup> )	-	4.459	251	93.484	24	2.395	289	
Cianobactérias (cel.mL <sup>-1</sup> )	50.000	46	0	0	0	100	167	
Cianobactérias potencialmente tóxicas (cel.mL <sup>-1</sup> )	-	0	0	0	0	100	0	
Média Deficit OD da coluna d'água (%)	-	21,36		61,97		74,19		
Disco de Secchi (m)	-	1,4		1,2		2,3		
Profundidade Média (m)	-					25,50		
Profundidade Máx. (m)	-					77,50		
Tempo de Residência (dias)	-					88		
<b>IQAR Parcial</b>	-	2,65		3,38		-		
<b>IQAR Trimestral</b>	-	<b>3,02</b>		<b>Classe III</b>		<b>Moderadamente Degradado</b>		

\* Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2

\*\*Ambientes lênticos: <1,27mg.L<sup>-1</sup> e ambientes lóticos: <2,18mg.L<sup>-1</sup>; quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização.

\*\*\* 3,7mg.L<sup>-1</sup> em águas de pH ≤7,5; 2,0 mg.L<sup>-1</sup> em águas de pH entre 7,5 e 8,0; 1,0mg.L<sup>-1</sup> em águas de pH entre 8,0 e 8,5; 0,5mg.L<sup>-1</sup> em águas de pH>8,5

Os valores calculados a partir das médias dos meses de julho/12 e agosto/12 para as estações E6 e E10 para o Índice de Qualidade de Água de Reservatórios resultaram nos valores de 3,02 e 3,27, respectivamente. Estes valores classificam as águas do reservatório de Mauá como moderadamente degradadas, de acordo com critérios do IAP (2009).

Segundo a metodologia do IAP (2009), reservatórios como este são incluídos na Classe III e caracterizam-se por apresentar déficit considerável de OD na coluna de água, médio aporte de nutrientes e matéria orgânica, grande variedade e/ou densidade de algumas espécies de algas e tendência moderada à eutrofização. A qualidade de água é regular/aceitável.

Em ambas as estações, as variáveis que influenciaram mais o valor final do índice calculado foram o déficit de oxigênio dissolvido na coluna de água, a concentração de clorofila-a e a demanda química de oxigênio. Na estação E6, os valores de déficit variaram entre 21% (julho/12) e 74% (setembro/12), e na estação E10, de 40% (julho/12) a 80% (setembro/12).

Tabela 13 – Resultados analíticos de qualidade de água do reservatório da UHE Mauá, estação E10, em diferentes profundidades.

Data da coleta	Limites*	Reservatório de Mauá - Estação E10						
		17/07/12		28/08/12		25/09/12		
		Prof. I	Prof. II	Prof. I	Prof. II	Prof. I	Prof. II	Prof. III
Prof. de Coleta (m)	-	0,59	7,65	0,46	14,78	0,59	17,50	19,00
T água (°C)	-	16,1	16,0	20,8	15,3	22,9	16,4	16,0
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	≥5,00	5,85	5,64	9,95	0,13	8,33	0,22	0,16
P Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,03	0,07	0,09	0,05	0,12	0,03	0,09	0,08
N Total (mg.L <sup>-1</sup> )	**	1,50	1,10	0,70	1,50	1,10	0,70	0,60
N-NH <sub>3</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	***	0,17	0,16	0,16	0,70	0,10	0,23	0,26
N-Nitrito(mg.L <sup>-1</sup> )	1	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
N-Nitrato (mg.L <sup>-1</sup> )	10	0,42	0,37	0,22	< 0,03	0,22	< 0,03	< 0,03
N Total Inorgânico(mg.L <sup>-1</sup> )	-	0,62	0,56	0,41	0,76	0,35	0,29	0,32
DBO (mgO <sub>2</sub> . L <sup>-1</sup> )	<5,00	1,10	1,10	4,46	9,28	4,03	5,99	4,68
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	-	6,52	7,02	16,05	23,07	24,19	22,68	19,66
Clorofila-a (µg.L <sup>-1</sup> )	30	2,73		59,01		SD		
Fitoplâncton (cel.mL <sup>-1</sup> )	-	1.613	485	32.549	3.113	30.351	595	
Cianobactérias (cel.mL <sup>-1</sup> )	50.000	0	0	852	0	0	169	
Cianobactérias potencialmente tóxicas (cel.mL <sup>-1</sup> )	-	0	0	852	0	0	0	
Média Deficit OD da coluna d'água (%)	-	40,59		72,06		80,39		
Disco de Secchi (m)	-	1,1		0,9		1,1		
Profundidade Média (m)	-					25,50		
Profundidade Máx. (m)	-					77,50		
Tempo de Residência (dias)	-					88		
<b>IQAR Parcial</b>	-	2,68		3,86		-		
<b>IQAR Trimestral</b>	-	<b>3,27</b>		<b>Classe III</b>		<b>Moderadamente Degradado</b>		

\* Estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 2

\*\*Ambientes lênticos: <1,27mg.L<sup>-1</sup> e ambientes lóticos: <2,18mg.L<sup>-1</sup>; quando o nitrogênio for fator limitante para a eutrofização.

\*\*\* 3,7mg.L<sup>-1</sup> em águas de pH ≤7,5; 2,0 mg.L<sup>-1</sup> em águas de pH entre 7,5 e 8,0; 1,0mg.L<sup>-1</sup> em águas de pH entre 8,0 e 8,5; 0,5mg.L<sup>-1</sup> em águas de pH>8,5

### 3.1.1.4 Perfis de Temperatura e Oxigênio Dissolvido

As medidas de temperatura e oxigênio dissolvido foram realizadas com o intuito do estabelecimento dos padrões de circulação em diferentes regiões do reservatório. Neste sentido, estas variáveis são avaliadas metro a metro nas estações E4 (porção média do reservatório), E6 (porção lacustre próximo à barragem) e E10 (porção alagada do rio Barra Grande). No período monitorado, as profundidades totais observadas em cada estação de amostragem variaram, especialmente em função de se tratar do período de enchimento do reservatório, onde o nível está em contínua alteração e também em função dos acessos aos locais de amostragem, que se alteram de um mês para outro, em função de alterações nas margens do corpo hídrico. Estas profundidades estão indicadas na Tabela 14.

Tabela 14 – Profundidades Máximas medidas nas estações de amostragem do reservatório da UHE Mauá, ao longo do monitoramento (enchimento).

Estação	Data	Profundidade
E4	19/07/12	15 m
	30/08/12	-
	27/09/12	30 m
E6	18/07/12	34 m
	29/08/12	53 m
	26/09/12	34 m
E10	17/07/12	12 m
	28/08/12	27 m
	25/09/12	31 m

Na amostragem realizada no mês de agosto/12, problemas com a sonda multiparamétrica utilizada no perfilamento das variáveis, inviabilizaram a coleta de dados para o perfil da estação E4. Os demais perfis desta estação são ilustrados na Figura 18, assim como os correspondentes à estação E6 encontram-se na Figura 19, e da estação E10 na Figura 20.

Na campanha de julho/12, ocorrida quase um mês após o início do enchimento do reservatório (28/06/12), não se registrou estratificação pronunciada em nenhuma das três estações, bem como ausência de anoxia das regiões mais profundas. Há de se considerar também que foram registradas temperaturas mais baixas, o que não favorece o estabelecimento de estratificação.

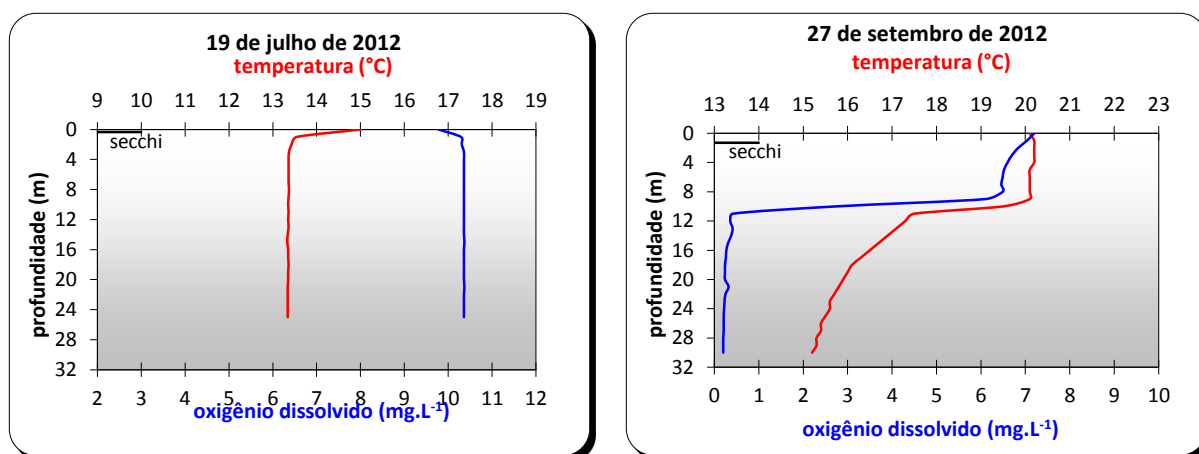


Figura 18 – Perfis vertical de Temperatura e Oxigênio Dissolvido na estação E4 .

Nos meses de agosto/12 e setembro/12, observou-se estratificação pronunciada em todas as estações do reservatório.

Em agosto/12, na estação E6, a estratificação também esteve presente, com circulação somente nos primeiros 4 m e estratificação marcada pela formação de termoclina naquela

profundidade. Houve perda de cerca de 6 °C de temperatura da superfície em relação ao fundo. O perfil de oxigênio dissolvido seguiu a tendência da temperatura, com forte estratificação superficial, mantendo-se entre 2 mg.L<sup>-1</sup> e 5 mg.L<sup>-1</sup> abaixo da oxiclina. A estação E10, ainda com referência ao mês de agosto/12, apresentou-se estratificada desde a superfície, com perda de cerca de 7°C em direção ao fundo. O oxigênio dissolvido também apresentou-se estratificado a partir dos primeiros metros, com anoxia hipolimnética a partir de 12 m de profundidade.

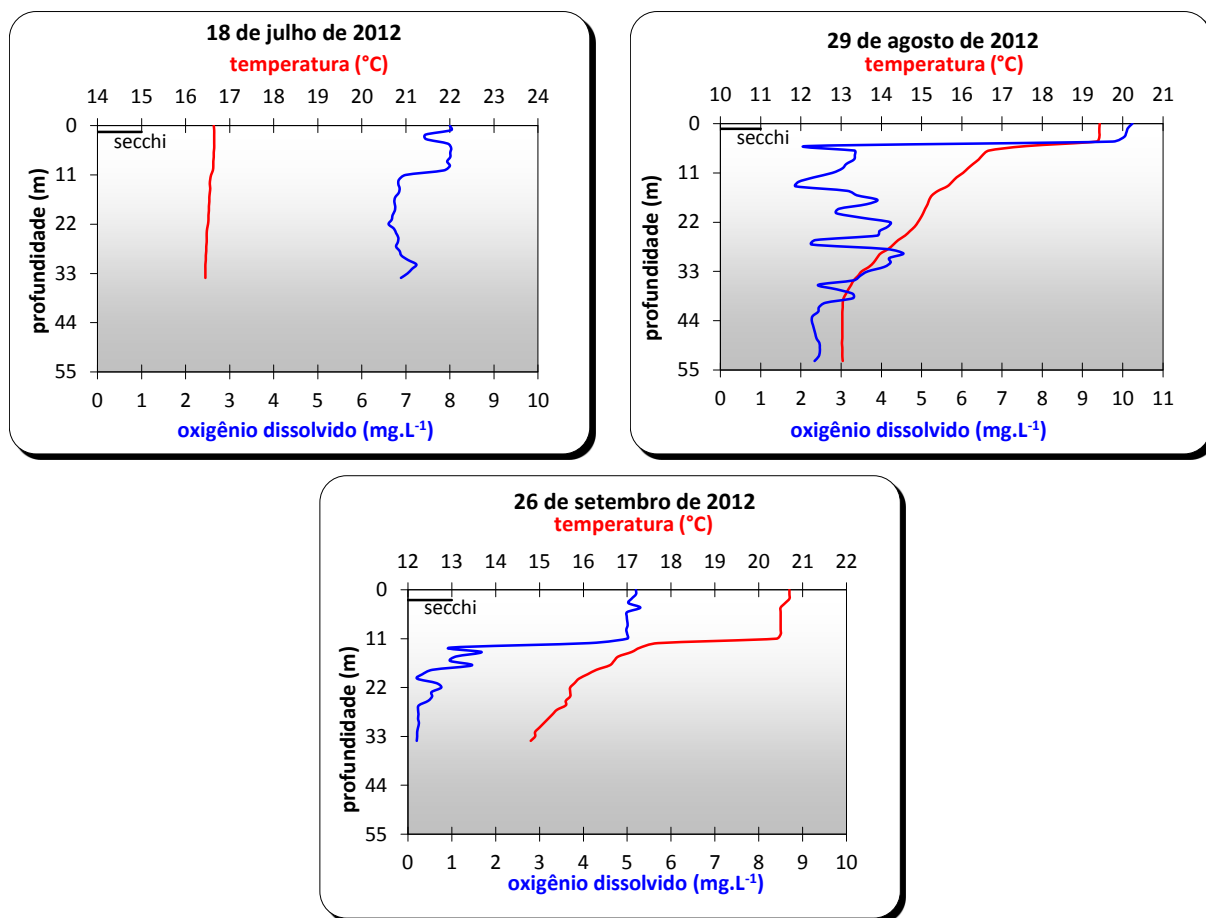


Figura 19 – Perfis verticais de Temperatura e Oxigênio Dissolvido na estação E6.

No mês de setembro/12, na estação E4, a circulação ocorreu nos primeiros 10 m, com termoclina aproximadamente nesta profundidade e perda de 5°C da superfície em relação ao fundo. O perfil de oxigênio dissolvido acompanhou o perfil de temperatura, mostrando-se fortemente estratificado, com oxiclina também em aproximadamente 10 m. Na estação E6, ainda no mês de setembro/12, registrou-se termoclina em aproximadamente 10 m e circulação das massas de água acima desta profundidade. Abaixo da termoclina houve perda drástica de temperatura. Também o oxigênio dissolvido apresentou-se estratificado, com a ocorrência de hipóxia no hipolímnio a partir de

20 m. Na estação E10, observou-se a manutenção das características do perfil registrado em agosto/12, com estratificação a partir da superfície, tanto de oxigênio dissolvido, quanto de temperatura e hipóxia no hipolímnio, a partir de 8 m.

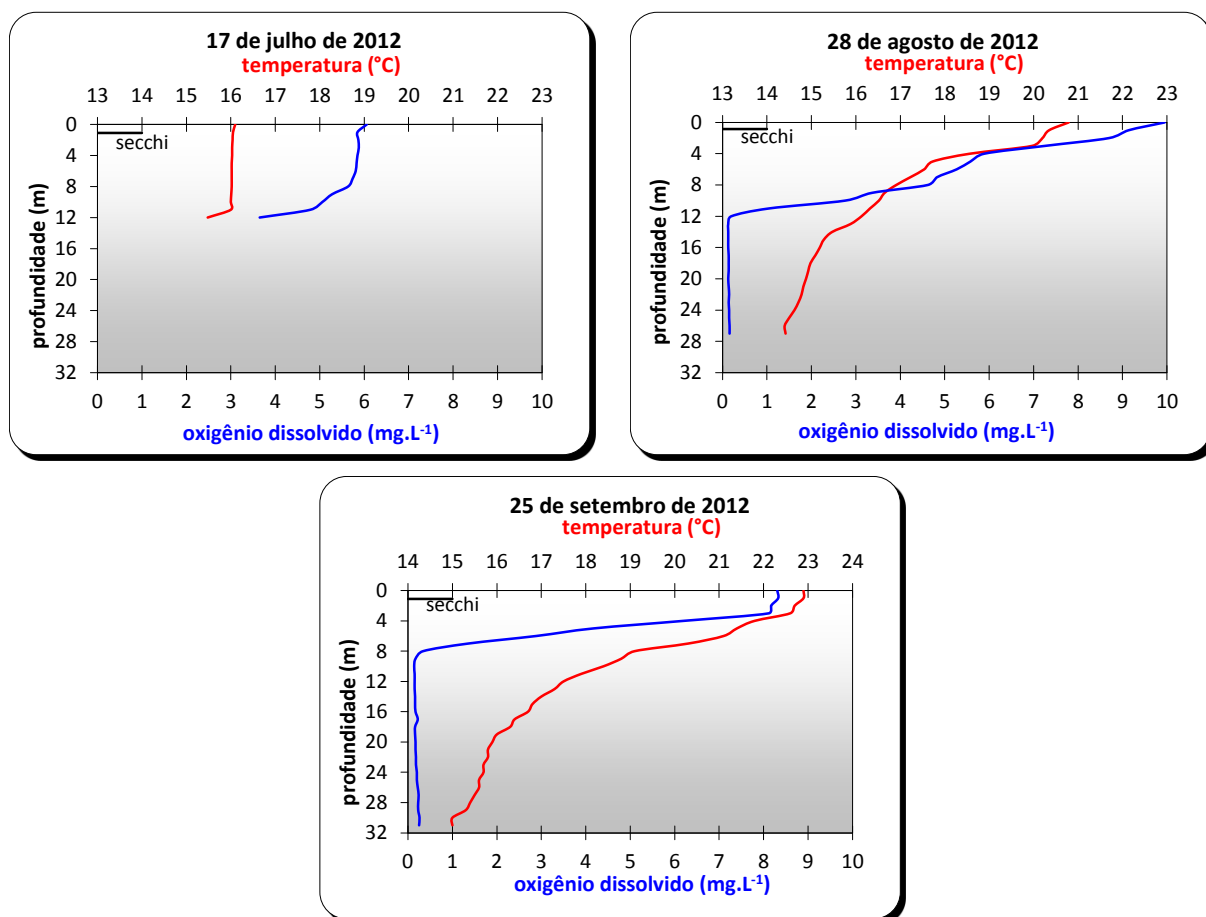


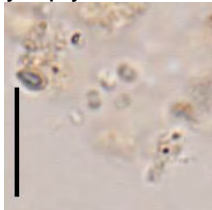
Figura 20 – Perfis verticais de Temperatura e Oxigênio Dissolvido na estação E10.

### 3.1.2 Monitoramento da Comunidade Fitoplanctônica

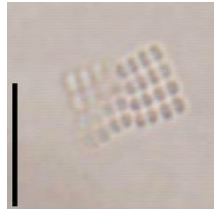
A comunidade fitoplanctônica foi representada pelas seguintes classes de algas: Cyanophyceae, Chlorophyceae, Prasinophyceae, Chlamydomphyceae, Zygnemaphyceae, Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae, Euglenophyceae, Dinophyceae e Xanthophyceae (Figura 21 e Figura 22).

Um total de 170 táxons infra-genéricos foi determinado (Tabela 15 e Anexo 2) nas amostras coletadas nos meses de julho/12, agosto/12, setembro/12. As espécies mais representativas encontram-se ilustradas na Figura 21 e na Figura 22. Na coleta do mês de setembro/12, problemas na logística do laboratório inviabilizaram a leitura da amostra de clorofila-a.

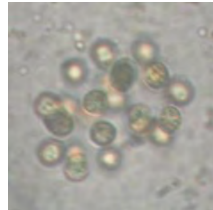
**Cyanophyceae**



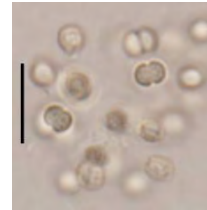
*Aphanocapsa delicatissima*



*Merismopedia tenuissima*



*Microcystis aeruginosa*  
**Chlamydomyceae**



*Chroococcus* sp.



*Dolichospermum* sp.



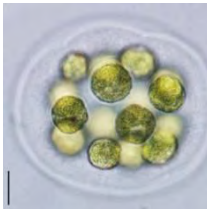
*Cylindrospermopsis raciborskii*



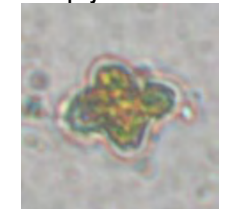
cyanophyceae sp.1



*Chlamydomonas* sp.2



*Eudorina* sp.

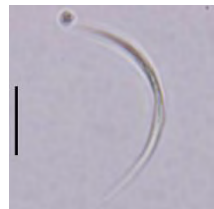


*Tetraëdiella jovetii*

**Chlorophyceae**



*Monoraphidium contortum*



*Monoraphidium arcuatum*



*Characium* sp.



*Monoraphidium minutum*



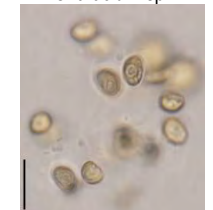
*Ankyra judayi*



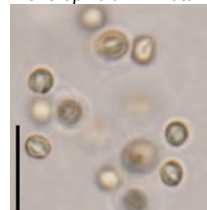
*Oocystis lacustris*



*Franceia javanica*



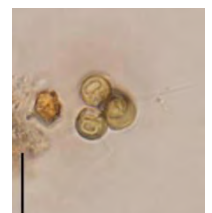
*Dycytosphaerium ehrenbergianum*



*Dycytosphaerium pulchellum*



*Dycytosphaerium subsolitarium*



*Micractinium pusillum*



*Tetrastrum staurogeniaeforme*



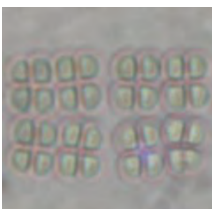
*Dimorphococcus* sp.



*Diplochlois lunata*



*Didymogenes anomola*



*Tetrastrum triangulare*



*Eutetramorus fottii*



*Desmodesmus acuminatus*



*Desmodesmus* sp.40

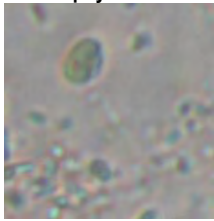


**Euglenophyceae**

*Euglena* sp.1

Figura 21 - Representantes do fitoplâncton no rio Tibagi e afluentes, na região do empreendimento UHE Mauá.

**Prasinophyceae**

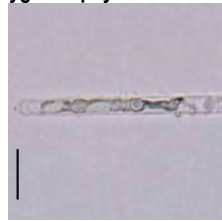


*Pedinomonas* sp.

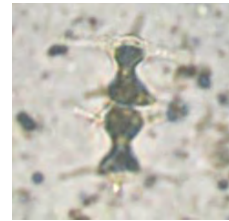


*Nephroselmis* sp.

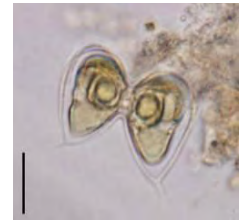
**Zygnemaphyceae**



*Mougeotia* sp.1



*Staurastrum*  
*pseudotetracerum*

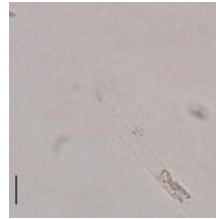


*Staurodesmus* sp.4

**Bacillariophyceae**



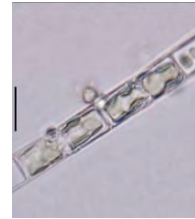
*Discostella stelligera*



*Urosolenia longiseta*



*Aulacoseira pusilla*



*Aulacoseira ambigua*



*Aulacoseira granulata* var.  
*australiensis*



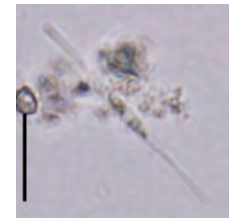
*Aulacoseira granulata* var.  
*angustissima*



*Asterionella formosa*



*Nitzschia palea*

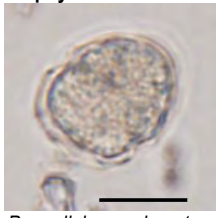


*Nitzschia* sp.1

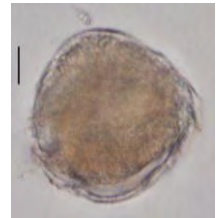


*Nitzschia* sp.2

**Dinophyceae**



*Parvodinium umbonatum*



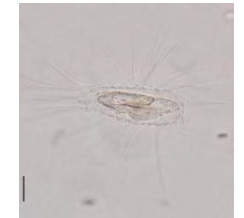
*Peridinium gatunense*



*Synura ulvella*

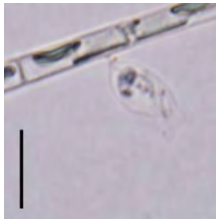


*Chromulina gyrans*



*Mallomonas intermedia*

**Cryptophyceae**



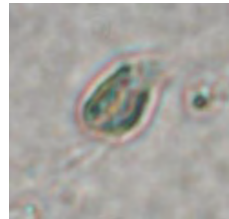
*Stokesiella* sp.



*Cryptomonas brasiliensis*



*Cryptomonas* sp.2



*Rhodomonas lacustris*



*Rhodomonas minuta*

Figura 22 - Representantes do fitoplâncton no rio Tibagi e afluentes, na região do empreendimento UHE Mauá.

Desta forma, para a obtenção de resultado mais fidedigno, nova coleta foi realizada na primeira semana de outubro/12, para que os resultados pudessem ser utilizados juntamente com os dados de qualidade de água, coletados no final de setembro/12. No presente relatório, esta coleta extra será denominada coleta de outubro/12.

Nas diferentes estações de coleta, a riqueza de espécies (Tabela 15) variou de 25 espécies, na estação E9, a 71 espécies, na estação E1, determinadas durante este período.

Tabela 15 - Riqueza de espécies nas diferentes estações de coleta no período entre julho/12 e outubro/12.

Rio	Rio Tibagi						Rio Imbauzinho	Rio Barra Grande
Estações	E1	E2	E4	E6	E7	E9	E3	E10
Riqueza de espécies	71	51	66	52	29	25	52	50

As classes que apresentaram maior riqueza foram Chlorophyceae (32%) e Bacillariophyceae (25%), totalizando 57% dos táxons identificados. Crisofíceas (9,5%), Zygnemaphyceae (8,2%) e cianobactérias (7%), foram as demais classes melhor representadas em sua composição florística (Figura 23).

A comunidade fitoplanctônica ao longo do rio Tibagi foi analisada em estudos prévios. Em LACTEC (2011), registraram-se 139 diatomáceas, sendo 32% pertencentes às Bacillariophyceae e 26% às Chlorophyceae. Estudos desenvolvidos por Bittencourt-Oliveira (2002), baseada em amostras coletadas no ano de 1990 e 1991, nas quais se registraram 202 táxons de microalgas em amostras coletadas com rede.

Segundo Round (1979), diatomáceas e clorofíceas cocóides tendem a ser as algas mais comuns em ambientes límnicos, pois necessitam de pouca turbulência para completarem seu ciclo de vida. Esta predominância qualitativa também foi evidenciada nas estações monitoradas na área de abrangência do empreendimento de UHE Mauá em 2012.

Bittencourt-Oliveira (2002), analisando amostras do rio Tibagi, encontrou predominância de 48,5% de Zygnemaphyceae, 25% de Bacillariophyceae e 10% de Chlorophyceae.

Estudos quantitativos do fitoplâncton e estimativas da clorofila-a foram realizados (Figura 23) e apresentaram boa correlação:  $p=0,90$  (em julho/12),  $p=0,63$  (agosto/12) e  $p=0,91$  (outubro/12). As amostras de clorofila-a relativas ao mês de setembro/12 não foram recebidas pelo Laboratório de Ficologia, sendo realizada uma coleta extra em início de outubro/12, alvo de análises quantitativas do fitoplâncton e estimativa de clorofila-a.



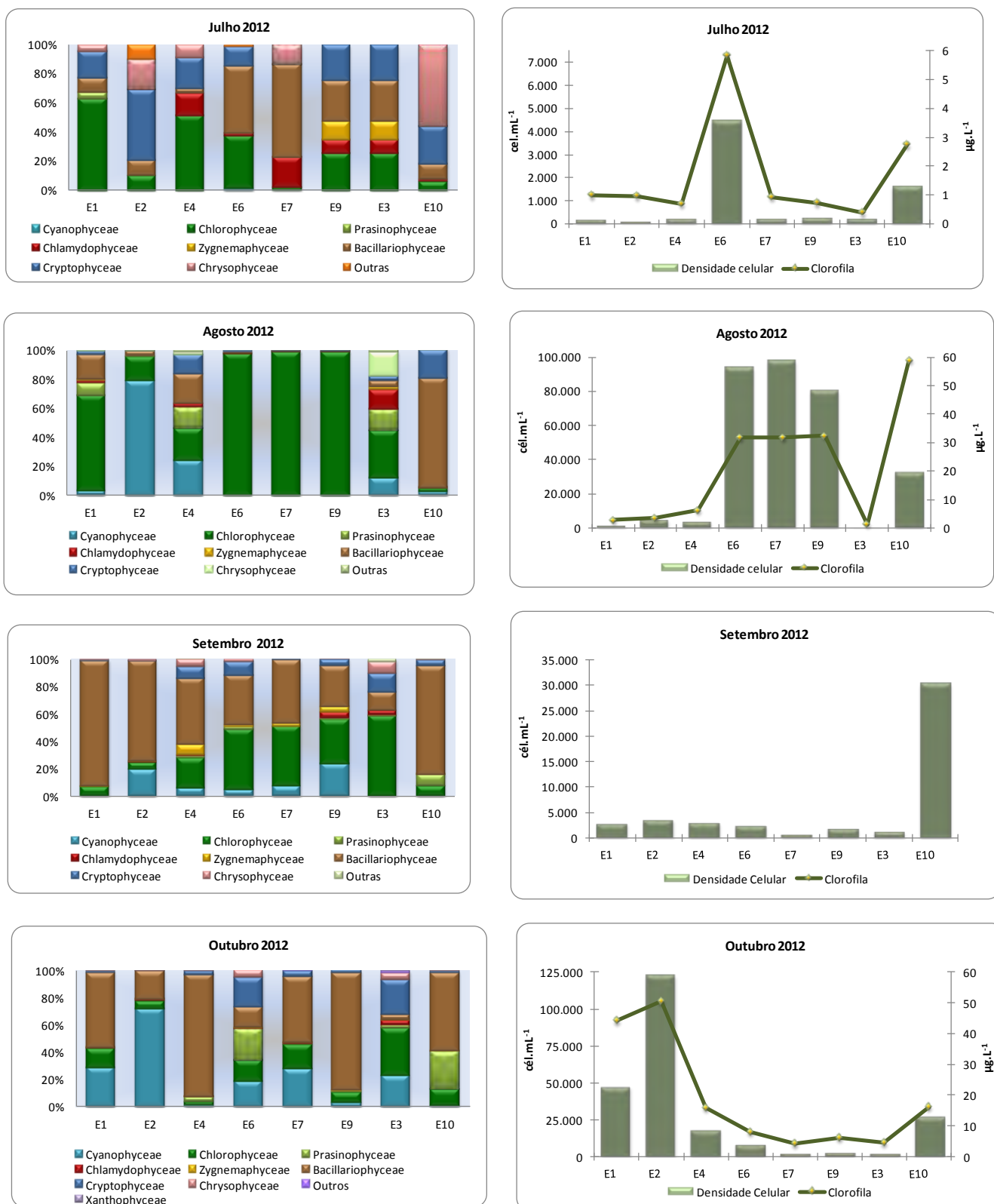


Figura 23 - Contribuição percentual das classes do fitoplâncton, dos valores de densidades celulares e da clorofila-a, por estação de coleta, no período entre julho/12 e outubro/12.

O valor médio referente à quantificação de clorofila-a ( $13,8 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) foi relativamente mais elevado do que o obtido na fase rio do empreendimento ( $1,0 \mu\text{g/L}$ ). Este valor era esperado, pois

ambientes mais lânticos facilitam o maior crescimento de algas. A densidade celular média do período entre julho/12 e outubro/12 também foi bem superior ( $18.686 \text{ cél.mL}^{-1}$ ) à da fase rio do empreendimento ( $894 \text{ cél.mL}^{-1}$ ). Foram mais elevadas em agosto/12 (média  $39.329 \text{ cél.mL}^{-1}$ ) e em outubro/12 ( $28.796 \text{ cél.mL}^{-1}$ ), sendo inferiores em julho/12 ( $878 \text{ cél.mL}^{-1}$ ) e em setembro/12 ( $5.740 \text{ cél.mL}^{-1}$ ). Os valores correspondem ao esperado para ambientes límnicos, onde as algas encontram maior facilidade de sobrevivência pela menor turbulência e turbidez das águas (TUNDISI & TUNDISI, 2005).

As estações localizadas no rio Tibagi apresentaram elevada biomassa em agosto/12 (E6, E7, E9) pela floração da alga verde *Eutetramous fottii*, uma Chlorophyceae colonial que também refletiu os valores de clorofila-a acima de  $30 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Algas verdes coloniais imóveis ocorrem quando há um enriquecimento nutricional das águas lânticas das águas.

Por outro lado, *Asterionella formosa* foi a responsável pelos elevados valores em E10 (Figura 23), no rio Barra Grande, fato que se repetiu em setembro/12 e outubro/12. Esta diatomácea foi abundante nos meses de setembro/12 (E10) e em outubro/12 (E1, E2, E4 e E10), não atingindo números correspondentes à floração. *Aphanocapsa delicatissima* apresentou superpopulação na estação E2 ( $73.357 \text{ cél.mL}^{-1}$ ), em outubro/12. Ainda não foram registradas cepas hepato ou neurotóxicas desta cianobactéria colonial, com células diminutas.

Em julho/12, as temperaturas mais frias colaboram para as menores densidades celulares. Mas, nesta época, as contribuições fitoplanctônicas passaram a abranger maior número de classes Bacillariophyceae, fitoflagelados e clorococales cocóides coloniais.

Não houve registro de cianobactérias potencialmente tóxicas em julho/12. Entretanto, foram constatadas nos demais meses de coleta (Tabela 16).

Tabela 16 - Ocorrência de cianobactérias ( $\text{cél.mL}^{-1}$ ) potencialmente tóxicas no reservatório de Mauá, no período entre julho/12 e outubro/12.

Espécie	Agosto/12			Setembro/12		Outubro/12				
	E7	E9	E10	E6	E9	E1	E2	E4	E6	E10
<i>Dolichospermum planctonicum</i>	87	27	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dolichospermum solitarium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	194
<i>Dolichospermum sp.</i>	0	0	0	0	0	404	0	0	0	0
<i>Microcystis aeruginosa</i>	0	0	0	0	0	185	11.295	0	1.088	0
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	0	0	852	100	80	0	0	79	388	0

3.1.2.1 *Comentários sobre as algas que ocorreram em maiores densidades ou que se caracterizam pela potencialidade tóxica.*

*Asterionella formosa* é uma diatomácea planctônica que vive em forma de colônias estreladas e possuem uma das menores taxas de sedimentação entre as algas deste grupo. É uma espécie comum, de ampla distribuição geográfica pelo mundo, característica de lagos e reservatórios ricos em nutrientes e degradados por eutrofização antropogênica. Formam elevadas biomassas, geralmente na primavera, resultando em depleção de nutrientes (nitrato, fosfato e silicato) no ambiente. O declínio das populações desta diatomácea ocorre pela falta principalmente de fonte de sílica (KRIVTSOV, 2000; DORGELO *et al.*, 1981). No Brasil, Beyruth & Pereira (2002) constataram uma floração de *Asterionella formosa* em reservatório para abastecimento público de São Paulo e atribuíram o forte odor de BHC (hexacloreto de benzeno) na água tratada à diatomácea. *Asterionella* produz forte odor de gerânio e de peixe à água, quando em elevadas densidades. Também, interferem na floculação e na obstrução de filtros durante os processos de tratamento de água para distribuição pública (PALMER, 1980; BRANCO, 1986).

Na fase rio do empreendimento UHE Mauá, dois eventos registrados durante o monitoramento foram destacados, pois demonstraram certa degradação da qualidade das águas dos rios amostrados: as elevadas densidades de *Asterionella formosa* (Bacillariophyceae) em setembro/10 e a presença da cianobactéria potencialmente tóxica *Cylindrospermopsis raciborskii* principalmente no rio Tibagi. Estas espécies são freqüentes formadoras de florações em ambientes lânticos e, possivelmente serão encontradas no reservatório a ser formado em densidades mais elevadas.

Nas análises referentes à campanha trimestral de 2011, não foram constadas as elevadas biomassas (acima de 10.000 cél.mL<sup>-1</sup>) da diatomácea *Asterionella formosa*, que ocorreram em setembro/10 ao longo das estações amostradas no rio Tibagi e configuraram floração (acima de 50.000 cél.mL<sup>-1</sup>) na estação E9. O predomínio de Bacillariophyceae, em dezembro/11, foi resultado da ocorrência da referida espécie, entretanto, em densidades bem inferiores (não ultrapassou 1.500 cél.mL<sup>-1</sup>) às de 2010.

*Cylindrospermopsis raciborskii*, cianobactéria potencial produtoras de toxinas, foi detectada nas amostras coletadas em agosto/12, setembro/12 e outubro/12, mas em baixa densidade. Entretanto, já tem sido registrada em coletas anteriores: fevereiro/10, março/10, abril/10, maio/10 e dezembro/10, março/11 e junho/11.

*Cylindrospermopsis raciborskii* é uma espécie potencialmente tóxica freqüente em sistemas límnicos brasileiros eutrofizados. Várias cepas produtoras de saxitoxinas e neosaxitoxinas já foram identificadas no país. Estas neurotoxinas estão entre as mais potentes já analisadas (SANT'ANNA *et al.*, 2008; CALIJURI *et al.*, 2006; BOUVY *et al.*, 2000). A ocorrência de florações de *Cylindrospermopsis raciborskii* tem sido constantemente relatada em águas superficiais para abastecimento público, caracterizando sérios problemas às estações de tratamento, riscos à saúde e comprometimento da qualidade da água (FUNASA, 2003; TUCCI & SANT'ANNA, 2003). Segundo Beyruth & Pereira (2002), *Cylindrospermopsis raciborskii* foi associada à mortalidade de peixes em vários reservatórios paulistas. Sua permanência nos ambientes está associada às eficazes estratégias de sobrevivência que possuem e alta capacidade de adaptação. Estes organismos conseguem migrar na coluna d'água, buscando as melhores condições de vida, estocando boa quantidade de fósforo em suas células. Desenvolvem-se bem sob baixa luminosidade e temperaturas mais elevadas. São impalatáveis ao zooplâncton, não sendo sensíveis à herbivoria, podendo inclusive oferecer certa toxicidade a esta biocenose. Os tricomas finos e alongados não promovem sombreamento como outras cianobactérias (*Microcystis* spp), permitindo a coexistência de outras espécies (TUCCI & SANT'ANNA, 2003).

Há grande probabilidade de ocorrerem problemas de superpopulação de *Cylindrospermopsis raciborskii* no reservatório da UHE Mauá, pois com a diminuição da velocidade das águas do rio, após instalação da barragem, acredita-se que haverá maior concentração de nutrientes e conseqüente eutrofização do sistema, condições ideais para ocorrência de florações. Salienta-se que, na bacia do Tibagi, *Cylindrospermopsis raciborskii* tem sido registrada em elevadas concentrações nos reservatórios de UHEs instaladas no rio Pitangui (UHE São Jorge e UHE Pitangui).

O conhecimento das condições que favorecem o desenvolvimento desta espécie, potencialmente neurotóxica e fortemente competitiva, dará suporte às decisões de manejo no caso de florações de *Cylindrospermopsis*.

Espécies do gênero *Microcystis* são potencialmente produtoras de microcistina, substância hepatotóxica que pode provocar necrose dos hepatócitos ou aparecimento de tumores no fígado (bioensaios). Não foram detectados valores correspondentes à floração (50.000 cél.mL<sup>-1</sup>), mas registrou-se densidade razoavelmente elevada em E2 (11.295 cél.mL<sup>-1</sup>), em outubro/12. A toxicidade varia de espécie para espécie, ou seja, dentro dos gêneros podem ocorrer cepas produtoras e não produtoras de toxinas, dependendo da dinâmica populacional e competição entre as populações, ou da presença de estressores ambientais. As cianobactérias apresentam elevada capacidade adaptativa

aos mais diversos ambientes, sendo consideradas excelentes colonizadoras ambientais. Os mecanismos que favorecem sua dominância em sistemas aquáticos eutrofizados são as habilidades de armazenamento do fósforo e de migração na coluna d'água. A presença de aerótopos nas células de *Microcystis* spp. possibilita melhor posicionamento na zona eufótica e proteção contra a fotoinibição, quando as colônias encontram-se na superfície da coluna d'água. Conseqüentemente, as estratégias altamente competitivas da cianobactéria passam a inibir o aparecimento de outras algas planctônicas. Outros fatores que contribuem para a ocorrência de florações de cianofíceas são as temperaturas da água acima de 20°C, a possibilidade destes organismos realizarem fotossíntese em profundidades com menor luminosidade, em não constituírem o alimento preferencial do zooplâncton e maior competitividade quando o pH do ecossistema é elevado e há baixa disponibilidade de CO<sub>2</sub> (CALIJURI *et al.*, 2006).

*Dolichospermum* spp., apesar de presentes em baixas densidades, alerta-se sua ocorrência, pois são potenciais produtoras de microcistina (hepatotóxica), anatoxina-a (neurotóxica) e saxitoxina (neurotóxica). A anatoxina, em animais selvagens e domésticos, podem provocar sinais de envenenamento, tais como: desequilíbrio, contrações musculares desordenadas, respiração ofegante, convulsões e cianose, podendo ocorrer morte por parada respiratória. A ingestão de saxitoxinas pode ocasionar tontura, adormecimento da boca e extremidades, fraqueza muscular, náusea, vômito, sede e taquicardia, desaparecendo os sintomas entre um e seis dias. Mas, em doses letais, pode haver morte em minutos (CALIJURI *et al.* 2006). São conhecidas algumas espécies de *Pseudoanabaena* produzindo microcistinas (hepatotoxinas) e MIB (Metil-isoborneol), esta última substância atribui forte odor de BHC (Hexaclorociclo-hexano) às águas (CHORUS & BARTRAM, 1999).

As espécies de cianofíceas *Aphanocapsa* spp. e *Merismopedia* sp., da mesma forma que todos os gêneros de cianobactérias, contêm lipopolissacarídeos (LPS) com efeitos dermatotóxicos na composição dos envoltórios celulares. Após o contato direto com as dermatotoxinas pode haver manifestação da seguinte sintomatologia: vermelhidão e lesões na pele, irritação nos olhos, conjutivite, urticária, obstrução nasal e asma (CALIJURI *et al.*, 2006), mas não são potencialmente produtoras de hepatotoxinas ou neurotoxinas. Alerta-se para a floração de *Aphanocapsa delicatissima* que ocorreu em outubro/12, na estação E2 (73.357 cél.mL<sup>-1</sup>).

### 3.1.3 Monitoramento da Comunidade Zooplanctônica

O represamento de um rio resulta em grandes transformações nas comunidades biológicas a jusante e montante da barragem. A importância de estudar as comunidades biológicas existentes nos trechos de rios a serem represados, além de fornecer informações básicas sobre o papel ecológico que essas comunidades desempenhavam antes da formação do reservatório, constitui-se, também, em um banco de dados importante para o manejo do futuro reservatório. Outro fator relevante nesses estudos é a possibilidade de quantificar os impactos causados pelo represamento sobre os componentes dessas comunidades, como por exemplo, conhecer quais espécies estavam presentes na área de influência e foram excluídas e/ou passaram predominar com a formação do reservatório (STRASKRABA & TUNDISI, 1999, SERAFIM-JUNIOR *et al.*, 2011).

Os reservatórios possuem características espaciais bem definidas, apresentando geralmente uma sequência longitudinal onde predominam zonas fluviais, zonas de transição e zonas lacustres (THORNTON, 1990). As interações que ocorrem entre o fluxo do rio, a bacia do reservatório e a coluna de água conduzem à formação de um gradiente longitudinal (no corpo central do reservatório) das variáveis abióticas e bióticas (KENNEDY, 1999). Por outro lado, tributários e canais laterais do rio represado podem contribuir para a formação de um gradiente lateral (WARD, 1989; VAN DEN BRINK *et al.*, 1994).

A comunidade zooplanctônica em reservatórios responde a essas interações apresentando também um gradiente longitudinal e lateral, onde são esperadas maiores densidades nas zonas de transição entre o rio principal e reservatório e entre tributários e reservatório (zonas de remanso) (MARZOLF, 1990). Ainda, outras funções de força, como alterações climatológicas e o tempo de residência de água, podem interferir na estrutura e dinâmica dessa comunidade em reservatórios (TUNDISI *et al.*, 2008).

Após a formação do reservatório, a sucessão de espécies zooplanctônicas é evidenciada durante a colonização. Espécies *r* estrategistas, como protozoários e rotíferos, são as primeiras a colonizar o novo ambiente, seguidas por espécies *k* estrategistas, como copepódes calanóides (ROCHA *et al.*, 1995). De modo geral, esses organismos são favorecidos nessas condições, estabelecendo assembleias em um curto período de tempo após o represamento.

### 3.1.3.1 Composição e riqueza

Nas 24 amostras analisadas qualitativamente e quantitativamente foi identificado um total de 35 táxons, com 27 registros para os rotíferos, 2 para os cladóceros e 6 para os copepódes. Entre as 13 Famílias registradas para os rotíferos, Brachionidae (6 táxons) e Synchaetidae (4 táxons) foram as mais representativas. Para os cladóceros, Bosminidae e Chydoridae foram as únicas Famílias registradas, ambas representadas por apenas 1 táxon. Entre os copepódes, foram identificados 2 táxons pertencentes a Família Cyclopidae. Esse grupo foi mais bem representado pelos náuplios e copepoditos (Tabela 17).

Entre os rotíferos da Classe Monogononta, *Polyarthra vulgaris* foi a mais frequente (88 %) seguida de *Kellicottia bostoniensis* (75 %), *Keratella americana* (63 %) e *Ploesoma truncata* (63 %). *Bosmina hagmanni* ocorreu em 38 % das amostras, registrando a maior frequência entre os cladóceros. Para os copepódes da Ordem Cyclopoida, os náuplios ocorreram em 100 % das amostras e os copepoditos em 88 %. A Ordem Calanoida e Harpacticoida registraram 13 % de frequência (Tabela 17). As espécies pertencentes a Ordem Bdelloidea não foram identificadas devido as dificuldades encontradas na fixação dos exemplares e semelhança do mastax (faringe muscular do animal composto por sete peças duras chamadas trofos). Esta Ordem apresentou 88 % frequência de ocorrência no período.

O maior número de táxons registrados para os rotíferos em relação aos demais grupos, nesse estudo, nas duas fases de estudo, é um padrão observado na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais (SERAFIM-JUNIOR *et al.*, 2011).

Tabela 17 - Lista e frequência de ocorrência de táxons de Rotifera, Cladocera e Copepoda registrados nas amostras de zooplâncton na área de influência da UHE Mauá no período de julho a setembro/2012.

TÁXONS / PONTOS	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10	Freq. %
<b>ROTIFERA</b>									
<b>Asplanchnidae</b>									
<i>Asplanchna sieboldi</i>					X				13
<b>Brachionidae</b>									
<i>Brachionus dolabratus</i>		X							13
<i>Kellicottia bostoniensis</i>	X	X	X	X			X	X	75
<i>Keratella americana</i>		X		X	X	X	X		63
<i>Keratella cochlearis</i>				X	X	X	X		
<i>Keratella lenzi</i>					X		X		25
<i>Keratella tropica</i>					X	X	X		38
<b>Collotheceidae</b>									

TÁXONS / PONTOS	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10	Freq. %
<i>Collotheca</i> sp.					X		X	X	38
<b>Conochilidae</b>									
<i>Conochilus coenobasis</i>					X				13
<i>Conochilus unicornis</i>					X		X	X	38
<b>Colurellidae</b>									
<i>Lepadella benjamini</i>		X				X			25
<i>Lepadella patella</i>			X	X		X			38
<b>Euchlanidae</b>									
<i>Euchlanis dilatata</i>			X	X		X			38
<b>Gatropodidae</b>									
<i>Gastropus hyptopus</i>					X		X		25
<i>Ascmorpha</i> cf. <i>saltans</i>								X	13
<b>Lecanidae</b>									
<i>Lecane lunaris</i>			X						13
<b>Notommatidae</b>									
<i>Cephalodella gibba</i>			X	X					25
<i>Cephalodella mucronata</i>		X							13
<b>Synchaetidae</b>									
<i>Ploesoma truncata</i>	X	X	X	X	X				63
<i>Polyarthra vulgaris</i>		X	X	X	X	X	X	X	88
<i>Synchaeta longipes</i>					X		X	X	38
<i>Synchaeta</i> sp.1					X		X		25
<b>Testudinellidae</b>									
<i>Testudinella patina</i>							X		13
<b>Trichocercidae</b>									
<i>Trichocerca pusilla</i>					X				13
<i>Trichocerca</i> sp.					X		X	X	38
<b>Trichotriidae</b>									
<i>Trichotria tetractis</i>		X							13
<b>Ordem Bdelloidea</b>	X	X	X	X		X	X	X	88
<b>CLADOCERA</b>									
<b>Bosminidae</b>									
<i>Bosmina hagmanni</i>					X		X	X	38
<b>Chydoridae</b>									
<i>Chydorus pubescens</i>				X					13
<b>COPEPODA</b>									
<i>Thermocyclops decipiens</i>					X				13
Cyclopoida não identificado					X				13
<b>Náuplios</b>									
Cyclopoida	X	X	X	X	X	X	X	X	100
Calanoida					X				13
<b>Copepodito</b>									



TÁXONS / PONTOS	E1	E2	E3	E4	E6	E7	E9	E10	Freq. %
Cyclopoida	X	X	X	X	X		X	X	88
Harpacticoida		X							13

Com a formação do reservatório (fase pós-represamento), houve uma dominância de táxons planctônicos, os quais foram favorecidos pelo ambiente recém-formado. A Família Lecanidae, tipicamente litorânea, foi uma das mais representativas e frequentes nas amostras da fase rio, porém na fase pós-represamento registraram apenas uma espécie. Por outro lado espécies das Famílias Brachionidae e Synchaetidae, tipicamente planctônicas, dominaram nas amostras da fase pós-represamento.

Especialmente, a maior riqueza de táxons para os rotíferos foi observada nos pontos E6 (15 táxons) e E9 (14 táxons) e a menor no ponto E1 (3 táxons) (Figura 24).

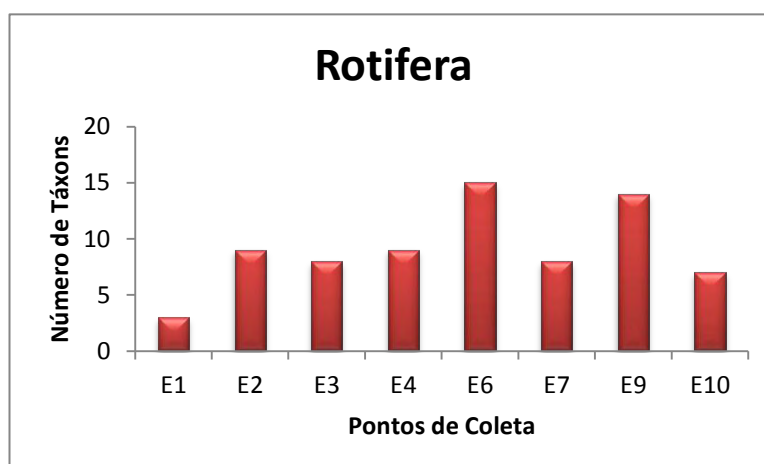


Figura 24 - Número de táxons de rotíferos identificados por ponto de coleta na área de influência da UHE Mauá.

Em lagos artificiais, há uma predominância considerável de rotíferos devido a origem lótica desses ambientes onde espécies desse grupo são encontradas em maior abundância por participarem das comunidades periféricas. O funcionamento hidrodinâmico instável dos reservatórios também favorece o desenvolvimento de organismos “r” estrategistas como os rotíferos (MATSUMURA TUNDISI, 1999).

Entre os microcrustáceos, a estação E6 também foi a que apresentou maior riqueza de táxons e as demais registraram de 2 a 3 táxons (Figura 25). Estimativas conservadoras apontam cerca de 600 espécies ocorrendo em todo o mundo (KOROVCHINSKY, 1996); e estima-se que 150 espécies ocorrem no Brasil. *Bosmina hagmanni*, apresentou a maior frequência de ocorrência nessa fase do

monitoramento. Essa espécie é preferencialmente planctônica, sendo registrada com frequência em reservatório oligo-mesotróficos da região neotropical (SERAFIM-JUNIOR *et al.*, 2011).

Entre os copepódes, as formas de náuplios e copepodito mantêm-se dominantes na fase pós-represamento. As duas formas adultas observadas ocorreram no ponto E6 a montante da barragem, localizado na região lacustre do reservatório. Os copepódes Calanoida e Cyclopoida constituem indicativos do estado de trofia dos sistemas aquáticos. Em sistemas oligo-mesotróficos, geralmente os Calanoida são dominantes e em ambientes eutróficos, a dominância de Cyclopoida é observada (MATUSMURA TUNDISI, 1999).

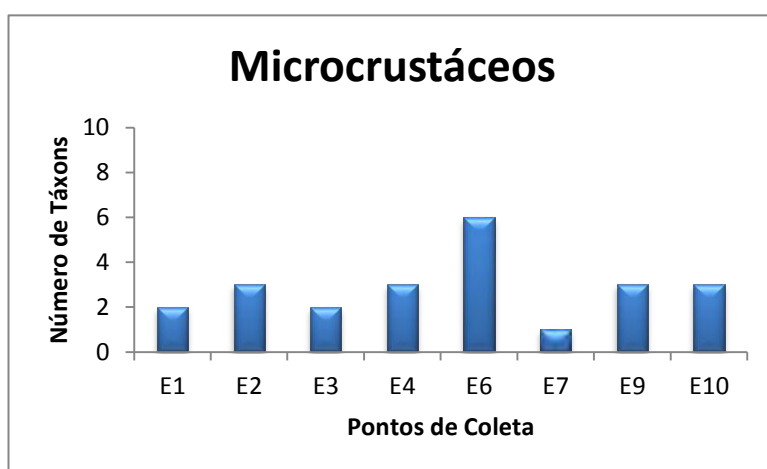


Figura 25 - Número de táxons de microcrustáceos identificados por porto de coleta na área de influência da UHE Mauá

O número reduzido de táxons de Copepoda adulto na fase pós-represamento pode ser atribuído ao enchimento do reservatório, o qual apresenta maior instabilidade hidrodinâmica e seus compartimentos (fluvial, transição e lacustre) ainda não estão bem definidos. Esses organismos são considerados “K” estrategistas (competitivos e seletivos). Podem apresentar três tipos de hábito alimentar, dependendo da estrutura do aparelho bucal: filtrador, carnívoro e raptorial (SIPAÚBA-TAVARES & ROCHA, 2003). Também, deve-se ressaltar a importância das formas adultas como item alimentar para muitas larvas de peixes e outros invertebrados aquáticos.

### 3.1.3.2 Abundância

No período estudado, os maiores picos de abundância do zooplâncton foram registrados na estação E6, imediatamente a montante da barragem, região lacustre do reservatório, e as menores densidades ocorreram na estação E3, rio Imbauzinho, a montante do reservatório.

Os rotíferos dominaram numericamente em relação aos demais grupos. Nesse ponto, no mês de julho/12, o grupo registrou 711.250 org/m<sup>3</sup>. A menor densidade ocorreu no ponto E3, onde foram registrados 506 org/m<sup>3</sup> (Figura 26). *Conochilus*, *Synchaeta* e *Polyarthra* foram os gêneros mais abundantes. O Filo Rotifera é eminentemente límnico e as espécies são capazes de suportar condições ambientais extremas, desenvolvendo grandes populações em ambientes aquáticos instáveis, como citado anteriormente (ALLAN, 1976).

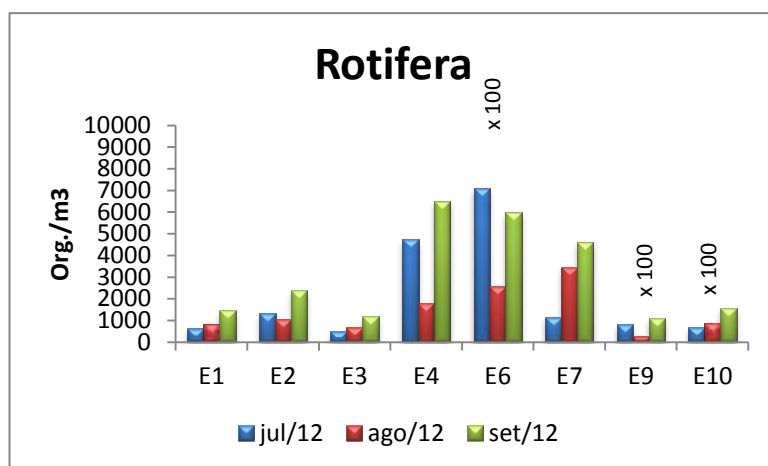


Figura 26 - Densidade de rotíferos (org/m<sup>3</sup>) amostrados na área de influência da UHE Mauá.

Os cladóceros registraram baixas densidades. *Bosmina hagmanni* foi responsável pelos picos de abundância do grupo com 21.700 org/m<sup>3</sup> registrados na estação E6, em julho/12 (Figura 27). Esta espécie apresenta densidades elevadas em reservatórios localizados na bacia hidrográfica do rio Iguaçu, estado do Paraná (SERAFIM-JUNIOR *et al.*, submetido).

Entre os copepódes as náuplios e copepoditos foram os mais abundantes. Os náuplios de *Cyclopoida* registraram 17.050 org/m<sup>3</sup> também no ponto E6, em julho/12. A dominância de náuplios na fase de enchimento do reservatório da UHE Mauá pode ser atribuída fatores como: i) estratégia reprodutiva do grupo, onde as fêmeas portam um grande número de ovos, especialmente *Cyclopoida*, e ii) predação. Alguns estudos apontam que embora os rotíferos sejam dominantes numericamente na maioria dos ambientes aquáticos, os microcrustáceos contribuem com maior participação relativa em termos de biomassa (MELÃO, 1999).

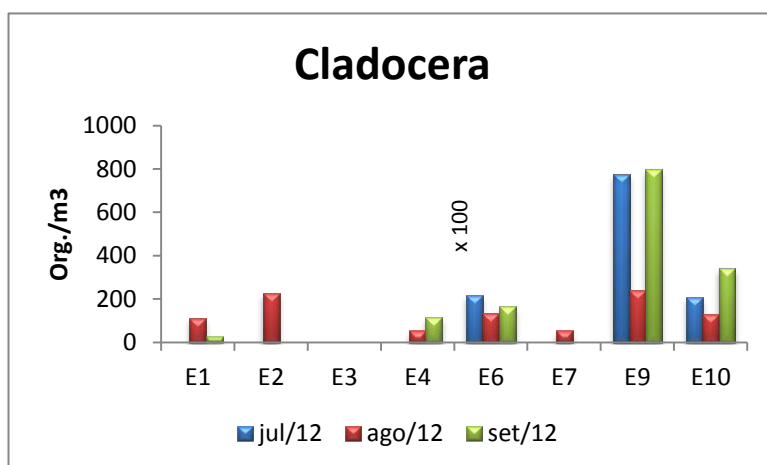


Figura 27 - Densidade de cladóceros ( $\text{org}/\text{m}^3$ ) amostrados na área de influência da UHE de Mauá.

Estudos mostram que a composição, riqueza e abundância do zooplâncton em reservatórios esta associada às condições morfométricas da bacia hidrográfica e climáticas regionais, as quais governam importantes características físicas dos corpos de água; e químicas, que geralmente são determinadas pela cobertura vegetal e condições edáficas do solo (MARGALEF, 1983). Fatores biogeográficos podem influenciar na colonização de espécies e interações bióticas, principalmente na competição por recursos e presas (ROCHA *et al.*, 1995).

### 3.1.4 Monitoramento de Macroinvertebrados bênticos

#### 3.1.4.1 Caracterização das Estações de Amostragem com vistas ao monitoramento de Macroinvertebrados Bênticos

O início do estudo do monitoramento Fase Reservatório deu-se em julho/12 com cerca de 40% do volume total do reservatório preenchido. Abaixo, uma breve descrição das estações localizadas no reservatório e a jusante deste que foram afetadas diretamente pelo enchimento e que, conseqüentemente, apresentaram um comprometimento para a comunidade dos macroinvertebrados aquáticos.

#### Estação E4

Esta estação está localizada no rio Tibagi, na região do Salto do Aparado. O local era caracterizado como um ambiente lótico possuindo fortes corredeiras e pequenas cachoeiras. O leito do rio era rochoso apresentando vegetação marginal bem preservada com presença de várias espécies nativas de macrófitas emersas e submersas exploradas como abrigo e fonte de alimento pelos macroinvertebrados (Figura 28 A e B).

A região foi selecionada para o estudo por localizar-se na porção mediana do reservatório. Após o enchimento do reservatório o ambiente passou a ser lântico, atingindo mais de vinte metros de profundidade nos últimos meses. A vegetação marginal encontra-se submersa e, em algumas porções, formada unicamente pelas gramíneas das pastagens (Figura 28 C).

As coletas nesta estação foram muito prejudicadas pela vegetação submersa que impediu o acesso do equipamento ao fundo.



A.



B.



C.

Figura 28 - Fotos da Estação E4 localizada no rio Tibagi, na região do Salto do Aparado. Telêmaco Borba, Paraná. A e B. Março/10 após período chuvoso. C. Agosto/12. Fotos de Rosemary A. Brogim

#### Estação E6

A estação E6 está localizada no rio Tibagi, imediatamente a montante da barragem. O sedimento do leito do rio nesta localidade era lodoso com predominância de grãos finos. A

profundidade do local variou entre 3 a 12 m no mês com maior influência do regime de chuvas. A corrente na maioria dos meses amostrados foi fraca. As margens encontravam-se fortemente degradada com ausência de vegetação (Figura 29 A e B).

Com o enchimento do reservatório, toda vegetação marginal foi suprimida. No local restaram margens desnudas ou cobertas por pastagens. A profundidade já ultrapassou os 40 m (Figura 29 C).



A.



B.



C.

*Figura 29 - Foto do rio Tibagi na Estação E6, imediatamente a montante da barragem da UHE Mauá. Telêmaco Borba, Paraná. A. e B. Estação E6, abril/11. Fotos de Rosemary A. Brogim. C. Estação E6, julho/12. Foto Renan Lopes Paitch.*

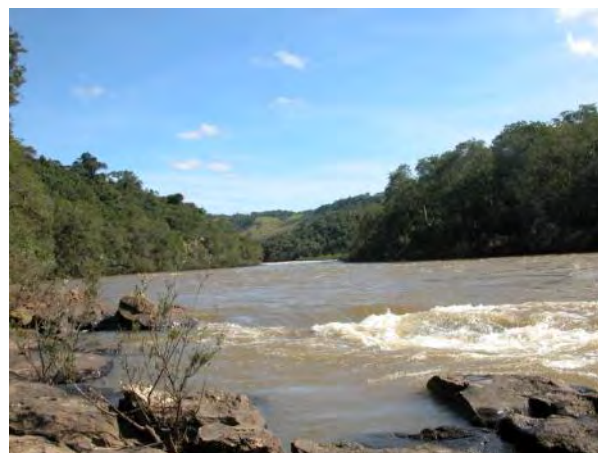
#### Estação E7

A estação E7 está situada a jusante da barragem próxima à Casa de Força da usina. O leito do rio é todo rochoso sendo que em algumas porções possui extensas lajes. A corrente nesta localidade é

forte apresentando águas bem oxigenadas. As margens possuem mata ciliar bem preservada, com exceção de alguns trechos na margem esquerda onde estão sendo realizadas as obras da Casa de Força da usina. As rochas do leito do rio encontram-se colonizadas por macrófitas submersas do gênero *Apinagia* sp que representam um ótimo substrato para alguns grupos de macroinvertebrados (Figura 30 A e B).



A.



B.



C.



D.

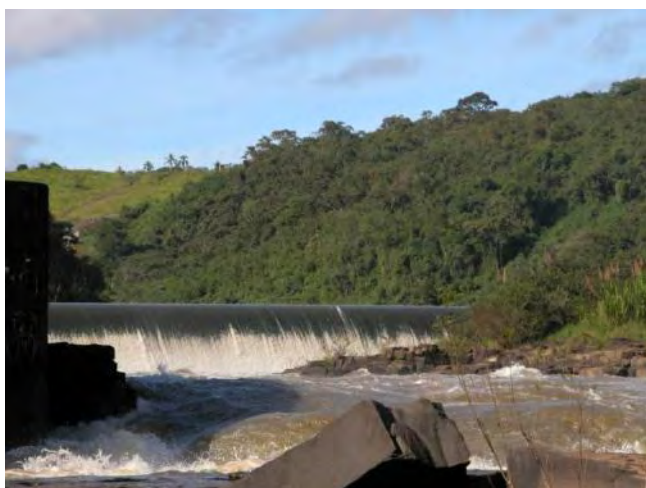
Figura 30 - Fotos da Estação E7 localizada no rio Tibagi a jusante da barragem da UHE Mauá, Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim, A e B. em maio de 2010 e C. e D. em julho de 2012.

Em julho/12 e nos meses subsequentes, com a diminuição da vazão e manutenção apenas da vazão ecológica, o local ficou com aproximadamente 50% das rochas do fundo expostas ocorrendo a supressão, mesmo que temporária, dos habitats dos organismos. Peixes mortos foram avistados e as macrófitas desapareceram (Figura 30 C e D).

## Estação E9

A estação E9 localiza-se a jusante das barragens da UHE Mauá e da PCH Presidente Vargas de propriedade da Klabin.

Na Fase Rio, na região da estação E9, observaram-se os seguintes aspectos: rio rochoso com presença de lages e margens cobertas por mata ciliar bem preservada, proporcionando um bom aporte de matéria orgânica para o ambiente. Além disto, foi observada a presença de bancos de macrófitas submersas (*Apinagia* sp) que contribuem para o enriquecimento de habitats para os macroinvertebrados (Figura 31 A e B).



A.



B.



C.



D.

Figura 31 - Fotos da Estação E9, localizada no rio Tibagi, na área da PCH Presidente Vargas. Telêmaco Borba, Paraná. Fotos de Rosemary A. Brogim, A e B em maio/10 e C e D em agosto/12.

Já no início da Fase Reservatório, quando somente a vazão ecológica foi mantida, boa parte do leito do rio ficou descoberta, ocorrendo a supressão, mesmo que temporária, dos habitats dos



organismos. Ocorreu uma diminuição da predação na comunidade e também as espécies que utilizavam a macrófita *Apinagia* sp como substrato e alimentação foram pouco abundantes, já que houve uma redução desta espécie (Figura 31 C e D).

#### Estação E10

A estação E10 foi uma substituição da antiga Estação E5 que se localizava no curso do rio Barra Grande. Neste local, o rio possuía aproximadamente 13 m de largura, corrente fraca e águas barrentas. As margens apresentavam mata ciliar degradada com a presença de poucas espécies sendo algumas exóticas, como o *Pinus* sp e bambuzais. A margem direita apresentava faixas sem vegetação arbórea com presença de apenas gramíneas utilizadas nas áreas de pastagens (Figura 32 A e B).



A.



B.



C.

Figura 32 - Fotos da Estação E5, localizada no rio Barra Grande na Fazenda Santana. Telêmaco Borba, Paraná. A e B Fotos de Rosemary A. Brogim, 2010. C. Fonte, AEN.

No local, foram verificados bancos de macrófitas do gênero *Eichhornia* sp e *Salvinia* sp que são utilizados pelos macroinvertebrados como abrigo e área de alimentação. A profundidade não ultrapassou os 5 m.

Após o enchimento do reservatório a estação foi transferida para as imediações da ponte construída sob o rio Barra Grande próxima ao Lageado Bonito (Figura 32 C). A profundidade do local não ultrapassou os vinte metros, contudo foram feitas tentativas de amostragens em locais mais rasos.

#### 3.1.4.2 Resultados

Os reservatórios são ecossistemas que estabelecem padrões distintos em relação ao tempo de renovação da água, morfometria e principalmente, o desenvolvimento da zona litoral. Quanto à sazonalidade, alterações na altura do nível do reservatório produzem mudanças na zona litoral, modificações nas margens e, em alguns casos, mortalidade das macrófitas, além de interferir na sucessão das comunidades planctônicas, bênticas e de peixes (TUNDISI, 1993).

Para o presente relatório, serão apresentados dados referentes às campanhas de julho/12 e agosto/12, uma vez que as amostras de setembro/12 estão sendo processadas.

Com a formação do reservatório da UHE Mauá criou-se um novo ecossistema, que passou a ser lântico e que impactou as comunidades biológicas remanescentes a montante do barramento.

As comunidades biológicas em geral, sofrem modificações envolvendo redução da abundância de determinadas espécies, dando lugar a espécies com maior capacidade de adaptação a ambientes lânticos, como é o caso das larvas de dípteros e a espécie invasora *Corbicula fluminea*. Isto ocorre porque nem todas as espécies possuem adaptações para estes ambientes, gerando a redução de riqueza.

Com a estabilização da zona litoral, os estoques de macroinvertebrados podem ser renovados. Os animais poderão encontrar grande quantidade de habitats, abrigo e alimento nos troncos, galhos e folhas das árvores submersas e nas macrófitas que irão colonizar a zona litoral. O número total de animais avaliados em julho/12 foi de 306 e em agosto/12 298 (alguns exemplares que serão incluídos após a revisão taxonômica).

Os baixos valores registrados nos dois meses devem-se a ausência de amostras coletadas nas estações do reservatório, em função da vegetação submersa e ao impacto causado pela redução da vazão nas estações a jusante da barragem. Na Tabela 18 são listados os táxons registrados durante os dois meses de coletas da Fase Reservatório. Apenas 31 táxons foram registrados nos dois meses avaliados

Tabela 18 - Lista de táxons de macroinvertebrados aquáticos amostrados nas 8 estações de coletas ao longo do rio Tibagi e tributários sob influência do reservatório da Usina Hidrelétrica Mauá, durante os meses de julho e agosto de 2012.

	Família	Táxon	Julho	Agosto
<b>Turbellaria</b>			X	X
<b>Nematoda</b>			X	X
<b>Oligochaeta</b>			X	X
<b>Bivalvia</b>	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>		X
<b>Insecta</b>				
Diptera	Chironomidae	<i>Chironominae</i>	X	X
		<i>Ortocladinae</i>	X	X
		<i>Tanypodinae</i>	X	X
	Culicidae	<i>Culicidae (pupa)</i>	X	
	Simuliidae	<i>Simulium sp (pupa)</i>	X	X
	Ceratopogonidae		X	
Coleoptera	Elmidae	<i>Heterelmis sp</i>	X	X
		<i>Macrelmis sp</i>	X	X
		<i>Hexanchorus sp</i>	X	X
		<i>Larva E</i>	X	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis sp</i>	X	X
		<i>Baetodes sp</i>	X	X
		<i>Cloeodes sp</i>		
	Leptophlebiidae	<i>Farrodes sp</i>	X	X
		<i>Thraulodes sp</i>	X	X
		<i>Traveryphes sp</i>	X	
		<i>Hagenulopsis sp</i>	X	
	Leptohiphidae	<i>Leptohiphes sp</i>	X	X
		<i>Hylister sp</i>	X	
Hemiptera	Veliidae	<i>Rhagovelia sp</i>	X	X
Odonata	Gomphidae	<i>Archeogomphus sp</i>	X	
		<i>Desmogomphus sp</i>	X	
		<i>Praevigomphus sp</i>	X	X
	Perilestidae	<i>Perilestis sp</i>	X	
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria sp</i>	X	X
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Leptonema sp</i>	X	
		<i>Smicridae sp</i>	X	X
<b>Crustacea</b>				
Decapoda	Aeglidae	<i>Aegla sp</i>	X	

O número médio de táxons E1 não ultrapassou 5,0 táxons.m<sup>-2</sup> em nenhuma estação nos dois meses amostrados. Mesmo nas estações E1, E2 e E3, onde não houve alterações nas margens ou redução da vazão, o número de táxons também foi muito baixo quando comparado aos anos anteriores de monitoramento.

Os valores médios do número de táxons registrados em todas as estações durante o período do monitoramento foi inferior ao apresentado por Jorcin & Nogueira (2008) em uma estação situada na foz do rio Tibagi. Contudo as percentagens dos grandes grupos taxonômicos foram semelhantes.

Os grupos com maior número de táxons foram Diptera, Ephemeroptera e Coleoptera que possuem organismos mais resistentes as alterações no ambiente, além de alguns táxons de Odonata.

Todos os táxons foram registrados em baixas densidades. Os grupos com maiores abundâncias foram Oligochaeta, os Diptera Chironominae e *Simulium* sp, e os Ephemeroptera *Baetodes* sp e *Cloedes* sp.

Os macroinvertebrados bênticos apresentaram grande sensibilidade aos diversos tipos de impactos, como poluentes domésticos e industriais, represamentos, uso do solo, mineração dentre outros que ocorrem no meio ambiente. O monitoramento dos ecossistemas através dos macroinvertebrados ainda continua sendo uma boa estimativa das influências deletérias ao ambiente.

### 3.1.5 Monitoramento da Presença de *Limnoperna fortunei* (mexilhão dourado)

Para o monitoramento da presença da espécie invasora *Limnoperna fortunei*, são realizadas coletas trimestrais nas estações E2 e E6. As análises das coletas de julho/12 e outubro/12, realizadas sob microscópio estereoscópico, revelaram a ausência de larvas de bivalves, e por consequência, ausência de larvas de mexilhão dourado. Com exceção das amostras coletadas próximo ao eixo da barragem na segunda campanha, que estavam degradadas e sem condições de análise.

Para confirmação da ausência da espécie nas demais amostras, as mesmas foram encaminhadas para análise molecular. O resultado pode ser observado na Tabela 19.

Tabela 19 - Amostras de água coletadas e analisadas até o momento na região do empreendimento UHE Mauá e resultados obtidos.

Data	Ponto	Resultado microscopia	Resultado molecular
16/07/2012	E2 - Jusante Klabin	Negativo - Larvas ausentes	Negativo
18/07/2012	E6 - Próximo ao eixo da barragem	Negativo - Larvas ausentes	Negativo
22/10/2012	E2 - Jusante Klabin	Negativo - Larvas ausentes	Negativo
24/10/2012	E6 - Próximo ao eixo da barragem	Amostra degradada	Amostra degradada

### 3.2 Sub-Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas

#### 3.2.1 Atividades Realizadas

Foram realizadas doze campanhas de medições nos piezômetros distribuídos nas duas baterias, BP1 e BP2, e em quatro poços profundos, conforme a Tabela 20.

Tabela 20 - Atividades de campo desenvolvidas nas baterias de piezômetros entre dezembro de 2010 e outubro de 2012.

Campanha	Data	Atividades de campo (*)	Locais
11	22-23/12/2010	a, b c	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13)
12	23-24/02/2011	a, b c, d	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13)
13	16-17/05/2011	a, b c, d	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13)
14	31/08-01/09/2011	a, b	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13)
15	06/10/2011	a, b, c,d	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13)
16	21-22/11/2011	a, b c,d	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13)
17	24/01/2012	a b c, d	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01, P05, P09 e P13) e BP2 (P01, P06, P10 e P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13)
18	19-20/03/2012	a,b c,d	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13)
19	29-30/05/2012	a,b c,d	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13)
20	04/07/2012	a,b c,d	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13)
21	11-12/09/2012	a,b c,d,e	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13) P2, P4 e P7
23	17/10/2012	a,b c,d,e	BP1 (P01 a P13) e BP2 (P01 a P13) BP1 (P01 e P13) e BP2 (P01 e P13) P2, P3, P5 e P7

(\*) a) Medições de nível de água do freático com sonda elétrica a cabo; b) Medições de pH e condutividade; c) Coleta de amostras para análise laboratorial de constituintes majoritários; d) Coleta de amostras para análise laboratorial de constituintes minoritários por ICP-MS; e) Coleta de água em poços profundos

#### 3.2.2 Piezômetros

As baterias de piezômetros, já descritas em relatórios anteriores (LACTEC, 2011), são divididas em dois conjuntos, sendo a bateria de piezômetros BP1 implantada na margem direita do rio Tibagi, no município de Telêmaco Borba, enquanto a bateria de piezômetros BP2 está situada na margem

esquerda do Tibagi na bacia do afluente Barra Grande. Atualmente ambas estão próximas à margem do reservatório da UHE Mauá.

Os resultados das medições de piezometria na BP1 e BP2 estão registrados na Tabela 21 e na Tabela 22 e de condutividade na Tabela 23 e na Tabela 24.

*Tabela 21 - Perfis piezométricos anotados na BP1 nas campanhas de 2012*

Piezômetro	Altitude ortométrica do nível de água do freático (m)					
	24/01/2012	19/03/2012	29/05/2012	04/07/2012	12/09/2012	17/10/2012
P1	635,426	634,646	634,696	635,376	633,966	633,966
P2	635,448	634,848	634,768	635,528	634,088	634,088
P3	635,660	635,170	635,000	635,830	634,340	634,340
P4	636,449	636,039	635,509	636,979	634,569	634,569
P5	638,143	637,713	637,423	638,433	636,703	636,703
P6	639,183	638,523	638,213	639,493	637,243	637,243
P7	640,630	638,360	640,340	638,650	640,050	640,050
P8	641,710	641,450	641,220	641,940	640,730	640,730
P9	641,712	641,362	641,322	641,752	640,932	640,932
P10	642,082	641,872	641,772	642,182	641,462	641,462
P11	641,070	639,250	638,700	641,620	636,330	636,330
P12	641,182	639,722	639,352	641,552	637,522	637,522
P13	643,519	643,399	643,329	643,589	643,139	643,139

*Tabela 22 – Perfis piezométricos anotados na BP2 nas campanhas de 2012.*

Piezômetro	Altitude ortométrica do nível de água do freático (m)					
	24/01/2012	20/03/2012	30/05/2012	04/07/2012	11/09/2012	17/10/2012
P1	641,040	629,490	637,820	632,710	634,600	634,600
P2	642,659	638,229	639,789	641,099	636,919	636,919
P3	642,320	635,170	641,270	636,220	640,220	640,220
P4	643,591	642,121	643,261	642,451	642,931	642,931
P5	643,474	642,124	642,924	642,674	642,374	642,374
P6	643,859	642,629	643,399	643,089	642,939	642,939
P7	638,272	635,562	636,332	637,502	634,392	634,392
P8	644,884	639,474	644,594	639,764	644,304	644,304
P9	644,895	642,665	644,555	643,005	644,215	644,215
P10	644,121	640,791	642,061	642,851	640,001	640,001
P11	645,590	640,680	642,200	644,070	638,810	638,810
P12	646,743	641,103	642,323	645,523	637,903	637,903
P13	648,654	642,304	648,014	642,944	647,374	647,374

Tabela 23 – Perfis de condutividade elétrica anotados na BP1 nas campanhas realizadas em 2012.

Piezômetros	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )							
	24/02/11	16/05/11	19/07/11	06/10/11	22/11/11	24/01/12	19/03/12	29/05/12
P1	16,9	22,5	25,0	44,4	9,4	3,9	18,9	29,0
P2		31,1	42,0	61,1	34,8		30,4	64,4
P3		187,3	183,0	187,5	185,2		180,8	25,1
P4		134,3	116,4	45,7	50,2		62,6	24,3
P5		223,0	213,0	215,0		231,0	212,0	131,2
P6		205,0	196,0	197,1	196,0		202,0	182,0
P7		201,0	200,0	196,3	195,2		200,0	199,7
P8		180,1	176,0	180,9	178,6		181,9	202,0
P9		71,4	48,4	63,1	77,9	104,1	114,7	219,0
P10		33,6	32,9	24,7	26,0		24,5	69,2
P11		42,4	27,1	24,6	27,2		25,6	130,8
P12		40,0	65,6	62,2	63,1		61,8	37,2
P13	30,5	31,4	28,1	77,5	6,4	6,4	32,2	16,8

Tabela 24 – Perfis de condutividade elétrica, anotados na BP2 nas campanhas realizadas em 2012.

Piezômetros	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )						
	24/01/2012	20/03/2012	30/05/2012	04/07/2012	08/08/2012	11/09/2012	17/10/2012
P1	37,2	42,4	41,3	24,8	33	38	55
P2		31,9	30,6	33,8	33	37	45
P3		40,5	42,4	38,2	41	43	50
P4		34,8	38,8	39,4	38	40	41
P5		97,1	84,6	71,4	81	83	93
P6	100,3	106,5	72,8	80,3	94	98	106
P7		429,0	249,0	202	253	318	326
P8		117,7	130,5	93,9	114	119	124
P9		222,0	94,0	146,4	161	204	216
P10	339,0	398,0	364,0	214	258	296	270
P11		142,3	136,4	114,3	138	145	155
P12		85,1	95,0	62	69	352	452
P13	86,2	64,5	78,8	61,7	63	114	277

Em todas as amostras coletadas foram analisados os componentes químicos majoritários, além de variáveis físico-químicas totalizadoras, conforme especificado na Tabela 25 e na Tabela 26.

Nas amostras coletadas nos piezômetros, em sete campanhas foram realizadas análises de constituintes elementares minoritários por ICP/MS. Os resultados constam da Tabela 27 à Tabela 33.

Alguns analitos foram determinados em algumas amostras através de duas metodologias e em dois laboratórios diferentes, como é o caso dos elementos alcalinos sódio, potássio, cálcio e

magnésio. Os resultados obtidos não foram idênticos, porém apresentaram coerência, o que pode ser utilizado como validação dos resultados para os respectivos analitos.

Detalhes e especificações das metodologias adotadas foram apresentados em referências de relatórios anteriores (LACTEC, 2011).

*Tabela 25 - Componentes iônicos majoritários determinados em amostras de água do freático, coletadas nas baterias de piezômetros BP1 e BP2*

Local	Data	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
		(mg,L <sup>-1</sup> )							
BP1-P1	22/12/2010	10,96	0,04	0,05	0,37	1,20	0,53	0,70	0,70
BP1-P13	22/12/2010	20,04	0,13	0,05	0,14	1,55	0,56	3,00	1,30
BP2-P1	22/12/2010	32,01	0,27	0,05	1,28	5,78	1,19	1,40	0,80
BP2-P13	22/12/2010	62,63	0,54	0,4	0,18	9,89	2,75	4,90	1,50
BP1-P1	24/02/2011	10,20	0,5	0,05	0,35	1,32	0,63	0,80	0,84
BP1-P13	24/02/2011	20,22	0,54	0,2	0,04	3,57	0,74	1,06	0,78
BP2-P1	23/02/2011	21,30	0,69	0,05	0,03	1,42	0,82	3,38	1,51
BP2-P13	23/02/2011	57,38	1,19	0,8	0,06	8,60	1,88	5,10	1,49
BP1-P1	16/05/2011	11,38	0,6	0,7	0,14	1,12	0,61	0,65	0,91
BP1-P13	16/05/2011	21,63	0,6	0,05	0,06	1,25	0,79	3,16	1,46
BP2-P1	17/05/2011	19,49	0,6	0,3	0,005	2,86	0,64	1,40	1,19
BP2-P13	17/05/2011	49,61	1,15	0,2	0,005	7,64	1,61	4,57	1,30
BP1-P1	19/07/2011	21,15	0,06	0,05	0,37	3,30	0,94	1,75	1,41
BP1-P5	19/07/2011	118,27	0,25	0,05	0,01	21,09	6,78	14,40	1,35
BP1-P13	19/07/2011	15,51	0,43	0,05	0,12	1,20	0,86	3,24	1,47
BP2-P1	19/07/2011	15,06	2,49	0,05	0,02	3,82	0,87	1,66	0,97
BP2-P10	19/07/2011	221,72	0,06	0,05	0,03	40,74	13,00	25,93	3,89
BP2-P13	19/07/2011	42,27	0,25	0,05	0,1	8,06	1,93	4,68	1,30
BP1-P1	22/11/2011	13,89	0,41	0,05	0,23	4,00	0,07	0,60	0,90
BP1-P13	22/11/2011	18,94	0,7	0,05	0,07	3,40	0,07	2,60	1,40
BP2-P1	21/11/2011	17,15	0,99	0,05	0,04	5,36	0,15	1,50	0,80
BP2-P13	21/11/2011	45,53	1,57	0,9	0,15	9,64	2,94	3,90	1,20
BP1-P1	24/01/2012	7,37	0,83	0,05	0,16	1,56	0,39	0,70	0,60
BP1-P13	24/01/2012	18,56	0,36	0,05	0,05	1,93	0,44	3,00	1,30
BP2-P1	24/01/2012	15,70	1,61	0,05	0,04	4,27	0,41	1,80	1,00
BP2-P13	24/01/2012	42,35	0,83	0,05	0,13	9,03	1,58	4,30	1,10
BP1-P1	19/03/2012	11,67	0,29	0,05	0,17	1,66	0,82	0,6	1
BP1-P13	19/03/2012	20,03	0,29	0,05	0,06	2,51	0,39	3,1	1,5
BP2-P1	20/03/2012	23,34	1,23	0,05	0,02	5,5	1,48	1,4	1,1
BP2-P13	20/03/2012	35,59	1,17	0,05	0,09	7,69	1,2	4	1,3
BP1-P1	04/07/2012	9,86	0,11	0,5	0,15	1,53	0,51	0,80	0,90
BP1-P13	04/07/2012	19,96	0,33	0,5	0,15	1,66	0,51	4,20	1,60
BP2-P1	04/07/2012	13,19	1,27	0,5	0,02	2,90	0,49	1,80	0,70
BP2-P13	04/07/2012	37,45	1,05	0,5	0,15	5,89	1,65	6,00	1,50
BP1-P1	08/08/2012	5,41	0,18	0,5	0,12	1,18	0,19	0,80	1,10
BP1-P13	08/08/2012	15,68	0,18	0,5	0,05	1,94	0,24	4,10	1,70
BP2-P1	08/08/2012	14,06	1,01	0,5	0,09	3,69	0,46	1,60	0,90
BP2-P13	08/08/2012	30,52	1,24	0,5	0,19	5,85	1,02	5,60	1,60
BP1-P1	12/09/2012	6,13	0,46	0,5	0,11	1,51	0,46	0,90	0,80
BP1-P13	12/09/2012	26,07	0,29	0,5	0,05	2,53	0,09	3,10	1,50
BP2-P1	11/09/2012	17,78	1,33	0,5	0,02	4,08	0,99	1,40	0,80
BP2-P13	11/09/2012	65,85	1,56	6,3	0,01	13,13	6,34	9,70	2,10



Tabela 26 - Temperatura, condutividade, pH, alcalinidade e sólidos totais dissolvidos medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros, em 2012.

Local	Data	temp (°C)	Cond. ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	pH	alcalinidade total ( $\text{mg, L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ )	STD ( $\text{mg, L}^{-1}$ )
BP1-P1	24/01/2012		3,9	5,32	6,04	3
BP1-P13	24/01/2012		5,7	6,39	15,21	4
BP2-P1	24/01/2012		7,7	5,5	12,87	5
BP2-P13	24/01/2012		17,0	5,92	34,71	11
BP1-P1	19/03/2012	22	18,9	5,53	9,56	12
BP1-P13	19/03/2012	22	32,2	6,02	16,52	21
BP2-P1	20/03/2012	21	42,4	5,96	19,13	28
BP2-P13	20/03/2012	22	64,5	5,98	29,17	42
BP1-P1	29/05/2012		28,5	8,01	18,60	19
BP1-P13	29/05/2012		15,3	8,35	10,16	10
BP2-P1	30/05/2012		78,0	8,03	50,23	50
BP2-P13	30/05/2012		40,6	7,93	26,33	26
BP1-P1	04/07/2012	20,5	17,2	5,83	8,08	11
BP1-P13	04/07/2012		29,4	6,29	29,4	19
BP2-P1	04/07/2012	22	24,8	6,13	10,81	16
BP2-P13	04/07/2012	20	61,7	6,27	30,7	40
BP1-P1	08/08/2012		16,0	5,16	4,43	10
BP1-P13	08/08/2012		31,0	5,83	12,8	20
BP2-P1	08/08/2012		33,0	5,68	11,52	22
BP2-P13	08/08/2012		63,0	5,95	25,02	41
BP1-P1	12/09/2012	20	17,0	6,82	5,02	11
BP1-P13	12/09/2012	21	29,0	6,19	21,37	19
BP2-P1	11/09/2012	22	38,0	7,13	14,58	25
BP2-P13	11/09/2012	21	114,0	6,46	53,98	74
BP1-P1	17/10/2012	22	32,0	5,83	6,1	15
BP1-P13	17/10/2012	22	23,0	5,46	15,54	21
BP2-P1	17/10/2012	21	55,0	5,89	25,28	36
BP2-P13	17/10/2012	22	277,0	6,46	128,64	180

Obs: os valores em itálico foram gerados por correlação linear pela condutividade.

Tabela 27 – Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, P, S e Cl em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros

Local	Data	Li	Be	B	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
		PPB	PPB	PPB	PPM	PPM	PPB	PPM	PPB	PPM	PPM
BP1-P01	21/02/2011	2,3	<0,05	<5	0,85	0,64	10	05,68	<20	<1	13
BP1-P13	21/02/2011	2,9	<0,05	5	3,32	0,81	<1	13,16	<20	<1	<1
BP2-P01	21/02/2011	5,9	<0,05	<5	1,76	1,17	4	07,98	<20	<1	<1
BP2-P13	21/02/2011	5,4	<0,05	<5	6,13	2,52	2	16,00	<20	<1	<1
BP1-P01	10/03/2011	2,9	<0,05	<5	0,80	0,63	14	05,23	147	<1	1
BP1-P13	10/03/2011	10,4	<0,05	<5	3,38	0,82	7	12,86	24	<1	<1
BP2-P01	10/03/2011	3,9	0,06	<5	1,06	0,74	9	05,68	<20	<1	1

Local	Data	Li PPB	Be PPB	B PPB	Na PPM	Mg PPM	Al PPB	Si PPM	P PPB	S PPM	Cl PPM
BP2-P13	10/03/2011	4,2	<0,05	6	5,10	1,88	7	14,33	<20	<1	1
BP1-P01	31/05/2011	2,8	<0,05	19	0,65	0,61	27	05,41	<20	<1	<1
BP1-P13	31/05/2011	10,4	<0,05	15	3,16	0,79	12	12,86	27	<1	<1
BP2-P01	31/05/2011	5,0	0,06	16	1,40	0,64	29	06,84	<20	<1	<1
BP2-P13	31/05/2011	4,5	<0,05	19	4,57	1,61	33	13,93	<20	<1	<1
BP1-P01	20/03/2012	2,7	0,09	20	1,19	3,40	27	05,38	126	2	1
BP1-P13	20/03/2012	4,3	<0,05	9	3,80	3,40	20	12,59	40	1	<1
BP2-P01	19/03/2012	5,9	0,11	12	1,94	3,40	17	06,25	32	2	<1
BP2-P13	19/03/2012	4,0	<0,05	10	4,71	3,40	17	13,07	103	2	1
BP1-P01	12/09/2012	2,4	0,07	<5	0,80	0,73	205	04,77	132	<1	<1
BP1-P13	12/09/2012	1,8	<0,05	<5	2,99	0,75	62	10,96	62	<1	<1
BP2-P01	11/09/2012	3,8	<0,05	<5	1,36	0,76	48	04,15	142	<1	<1
BP2-P13	11/09/2012	3,9	<0,05	6	7,57	2,70	51	11,49	45	2	<1

Tabela 28 – K, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni e Cu em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros,

Local	Data	K PPM	Ca PPM	Sc PPB	V PPB	Cr PPB	Mn PPB	Fe PPB	Co PPB	Ni PPB	Cu PPB
BP1-P01	21/02/2011	0,72	1,18	2	0,2	<0,5	47,97	<10	1,00	4,6	2,5
BP1-P13	21/02/2011	1,49	1,10	5	0,5	0,5	3,97	<10	0,07	5,7	0,2
BP2-P01	21/02/2011	1,07	6,40	3	<0,2	<0,5	181,05	<10	0,06	2,8	0,2
BP2-P13	21/02/2011	2,04	12,54	6	0,3	0,7	740,64	<10	0,56	4,2	0,4
BP1-P01	10/03/2011	0,84	1,32	1	<0,2	<0,5	62,55	<10	1,10	3,5	1,5
BP1-P13	10/03/2011	1,51	1,42	2	0,5	<0,5	13,95	20	0,16	1,3	1,7
BP2-P01	10/03/2011	0,78	3,57	1	<0,2	<0,5	300,67	1078	3,48	4,5	0,6
BP2-P13	10/03/2011	1,49	8,60	3	0,4	<0,5	566,68	<10	2,15	2,8	1,1
BP1-P01	31/05/2011	0,91	1,12	<1	<0,2	0,8	38,98	32	0,65	2,9	2,1
BP1-P13	31/05/2011	1,46	1,25	<1	0,4	1,1	4,49	16	0,09	0,8	1,3
BP2-P01	31/05/2011	1,19	2,86	<1	0,3	0,8	312,07	445	3,92	4,3	5,0
BP2-P13	31/05/2011	1,30	7,64	<1	0,4	0,7	472,92	35	2,27	2,8	0,9
BP1-P01	20/03/2012	1,33	1,51	<1	<0,2	<0,5	24,55	<10	0,31	4,0	5,9
BP1-P13	20/03/2012	1,82	1,60	2	0,3	0,6	13,18	<10	0,16	1,3	2,7
BP2-P01	19/03/2012	1,32	5,47	1	<0,2	<0,5	98,97	241	1,46	3,3	4,0
BP2-P13	19/03/2012	1,53	7,06	2	<0,2	<0,5	212,79	<10	1,41	2,3	1,0
BP1-P01	12/09/2012	0,97	1,23	<1	0,2	5,8	24,54	156	0,19	3,1	5,8
BP1-P13	12/09/2012	1,44	1,04	<1	0,3	5,0	11,62	47	1,13	0,8	1,7
BP2-P01	11/09/2012	0,88	4,23	<1	<0,2	5,4	64,07	101	0,77	1,9	2,3
BP2-P13	11/09/2012	1,52	10,31	<1	0,2	4,6	330,87	73	1,35	1,8	1,8

*Tabela 29 – Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y e Zr em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros.*

Local	Data	Zn PPB	Ga PPB	Ge PPB	As PPB	Se PPB	Br PPB	Rb PPB	Sr PPB	Y PPB	Zr PPB
BP1-P01	21/02/2011	28,6	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	9	1,66	6,24	0,01	<0,02
BP1-P13	21/02/2011	9,6	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<5	3,52	9,35	<0,01	<0,02
BP2-P01	21/02/2011	31,6	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<5	1,48	19,92	<0,01	<0,02
BP2-P13	21/02/2011	15,5	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	9	2,63	62,26	<0,01	<0,02
BP1-P01	10/03/2011	40,5	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	6	2,68	6,08	0,02	<0,02
BP1-P13	10/03/2011	19,8	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<5	3,35	10,03	0,02	<0,02
BP2-P01	10/03/2011	26,8	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	11	1,35	15,23	0,03	<0,02
BP2-P13	10/03/2011	17,3	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	10	1,88	44,41	0,02	<0,02
BP1-P01	31/05/2011	40,4	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<5	3,38	5,80	0,05	<0,02
BP1-P13	31/05/2011	21,5	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<5	3,95	9,89	0,03	<0,02
BP2-P01	31/05/2011	57,5	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<5	2,37	14,52	0,08	<0,02
BP2-P13	31/05/2011	18,0	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	8	1,72	40,66	0,05	<0,02
BP1-P01	20/03/2012	77,2	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	25	3,92	6,40	0,04	0,03
BP1-P13	20/03/2012	63,8	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	14	4,81	10,13	0,02	<0,02
BP2-P01	19/03/2012	57,2	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	11	2,48	15,76	0,03	0,02
BP2-P13	19/03/2012	32,7	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	22	2,12	31,14	0,04	<0,02
BP1-P01	12/09/2012	57,6	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<5	3,39	7,11	0,36	0,13
BP1-P13	12/09/2012	26,3	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<5	4,16	9,58	0,06	0,07
BP2-P01	11/09/2012	44,8	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	<5	1,62	13,44	0,05	0,06
BP2-P13	11/09/2012	29,4	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	7	2,16	64,04	0,16	0,04

*Tabela 30 – Nb, MO, Ru, Rh, Pd, ag, Cd, In, Sn e Sb em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros.*

Local	Data	Nb PPB	Mo PPB	Ru PPB	Rh PPB	Pd PPB	Ag PPB	Cd PPB	In PPB	Sn PPB	Sb PPB
BP1-P01	21/02/2011	<0,01	0,4	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,20	<0,01	<0,05	0,10
BP1-P13	21/02/2011	<0,01	0,9	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,06	<0,01	<0,05	0,05
BP2-P01	21/02/2011	<0,01	0,7	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,11	<0,01	<0,05	<0,05
BP2-P13	21/02/2011	<0,01	1,1	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,09	<0,01	<0,05	0,06
BP1-P01	10/03/2011	<0,01	0,1	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,09	<0,01	0,09	<0,05
BP1-P13	10/03/2011	<0,01	0,1	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	<0,05	<0,01	0,05	<0,05
BP2-P01	10/03/2011	<0,01	<0,1	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	<0,05	<0,01	0,06	<0,05
BP2-P13	10/03/2011	<0,01	<0,1	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05
BP1-P01	31/05/2011	<0,01	<0,1	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,05	<0,01	<0,05	<0,05
BP1-P13	31/05/2011	<0,01	<0,1	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05
BP2-P01	31/05/2011	<0,01	<0,1	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,05	<0,01	0,07	<0,05
BP2-P13	31/05/2011	<0,01	<0,1	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05	<0,05
BP1-P01	20/03/2012	<0,01	1,0	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,35	<0,01	0,07	<0,05
BP1-P13	20/03/2012	<0,01	1,0	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,12	<0,01	0,08	<0,05

Local	Data	Nb PPB	Mo PPB	Ru PPB	Rh PPB	Pd PPB	Ag PPB	Cd PPB	In PPB	Sn PPB	Sb PPB
BP2-P01	19/03/2012	<0,01	1,1	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,16	<0,01	0,09	<0,05
BP2-P13	19/03/2012	<0,01	0,7	<0,05	<0,01	<0,2	<0,05	0,11	<0,01	<0,05	<0,05
BP1-P01	12/09/2012	0,01	5,0	<0,05	<0,01	<0,2	0,07	0,52	<0,01	0,37	<0,05
BP1-P13	12/09/2012	<0,01	3,4	<0,05	<0,01	<0,2	0,05	0,27	<0,01	0,25	<0,05
BP2-P01	11/09/2012	<0,01	4,0	<0,05	<0,01	<0,2	0,05	0,32	<0,01	0,33	<0,05
BP2-P13	11/09/2012	<0,01	3,3	<0,05	<0,01	<0,2	0,05	0,24	<0,01	0,26	<0,05

*Tabela 31 – Te, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu e Gd em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros*

Local	Data	Te PPB	Cs PPB	Ba PPB	La PPB	Ce PPB	Pr PPB	Nd PPB	Sm PPB	Eu PPB	Gd PPB
BP1-P01	21/02/2011	<0,05	<0,01	45,59	0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,02	<0,01	<0,01
BP1-P13	21/02/2011	<0,05	<0,01	31,56	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01
BP2-P01	21/02/2011	<0,05	0,01	61,34	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01
BP2-P13	21/02/2011	<0,05	0,02	126,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01
BP1-P01	10/03/2011	<0,05	0,01	47,95	0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,02	<0,01	<0,01
BP1-P13	10/03/2011	<0,05	<0,01	33,13	0,01	0,04	<0,01	0,02	<0,02	<0,01	<0,01
BP2-P01	10/03/2011	<0,05	<0,01	73,65	0,03	0,08	<0,01	0,02	<0,02	<0,01	<0,01
BP2-P13	10/03/2011	<0,05	0,02	101,8	0,02	0,06	<0,01	0,02	<0,02	<0,01	<0,01
BP1-P01	31/05/2011	<0,05	0,02	47,63	0,04	0,10	0,01	0,05	<0,02	<0,01	<0,01
BP1-P13	31/05/2011	<0,05	<0,01	36,49	0,03	0,06	<0,01	0,03	<0,02	<0,01	<0,01
BP2-P01	31/05/2011	<0,05	0,01	71,55	0,07	0,24	0,02	0,07	<0,02	<0,01	<0,01
BP2-P13	31/05/2011	<0,05	0,02	92,53	0,06	0,16	0,01	0,04	<0,02	<0,01	0,01
BP1-P01	20/03/2012	<0,05	0,01	48,24	0,02	0,05	<0,01	0,03	<0,02	<0,01	<0,01
BP1-P13	20/03/2012	<0,05	<0,01	39,31	0,03	0,07	<0,01	0,04	<0,02	<0,01	<0,01
BP2-P01	19/03/2012	<0,05	<0,01	67,93	0,02	0,06	<0,01	0,02	<0,02	<0,01	<0,01
BP2-P13	19/03/2012	<0,05	<0,01	68,63	0,02	0,07	<0,01	0,02	<0,02	<0,01	<0,01
BP1-01	12/09/2012	<0,05	0,04	107,7	0,69	1,43	0,18	0,71	0,13	<0,01	0,12
BP1-13	12/09/2012	<0,05	<0,01	50,18	0,11	0,23	0,02	0,13	<0,02	<0,01	<0,01
BP2-01	11/09/2012	<0,05	<0,01	59,09	0,08	0,17	0,01	0,06	<0,02	<0,01	<0,01
BP2-13	11/09/2012	<0,05	0,02	104,9	0,21	0,50	0,05	0,20	0,03	<0,01	0,04

*Tabela 32 - Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta e W em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros.*

Local	Data	Tb PPB	Dy PPB	Ho PPB	Er PPB	Tm PPB	Yb PPB	Lu PPB	Hf PPB	Ta PPB	W PPB
BP1-P01	21/02/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP1-P13	21/02/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP2-P01	21/02/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

Local	Data	Tb PPB	Dy PPB	Ho PPB	Er PPB	Tm PPB	Yb PPB	Lu PPB	Hf PPB	Ta PPB	W PPB
BP2-P13	21/02/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP1-P01	10/03/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP1-P13	10/03/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP2-P01	10/03/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP2-P13	10/03/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP1-P01	31/05/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP1-P13	31/05/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP2-P01	31/05/2011	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP2-P13	31/05/2011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP1-P01	20/03/2012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP1-P13	20/03/2012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP2-P01	19/03/2012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP2-P13	19/03/2012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP1-01	12/09/2012	<0,01	0,07	0,01	0,03	<0,01	0,02	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP1-13	12/09/2012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	0,17
BP2-01	11/09/2012	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
BP2-13	11/09/2012	<0,01	0,02	<0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02

Tabela 33 - Re, Pt, Au, Hg, Ti, Tl, Pb, Bi, Th e U em solução, medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros.

Local	Data	Re PPB	Pt PPB	Au PPB	Hg PPB	Ti PPB	Tl PPB	Pb PPB	Bi PPB	Th PPB	U PPB
BP1-P01	21/02/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,01	1,5	<0,05	<0,05	<0,02
BP1-P13	21/02/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,01	<0,1	<0,05	<0,05	<0,02
BP2-P01	21/02/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,02	<0,1	<0,05	<0,05	<0,02
BP2-P13	21/02/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,05	<0,1	<0,05	<0,05	<0,02
BP1-P01	10/03/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,03	10,2	<0,05	<0,05	<0,02
BP1-P13	10/03/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	<0,01	2,3	<0,05	<0,05	<0,02
BP2-P01	10/03/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,03	2,1	<0,05	<0,05	<0,02
BP2-P13	10/03/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,04	6,8	<0,05	<0,05	<0,02
BP1-P01	31/05/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,03	16,4	<0,05	<0,05	<0,02
BP1-P13	31/05/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,01	7,5	<0,05	<0,05	<0,02
BP2-P01	31/05/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,06	33,1	<0,05	<0,05	<0,02
BP2-P13	31/05/2011	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<10	0,06	7,8	<0,05	<0,05	<0,02
BP1-P01	20/03/2012	<0,01	<0,01	<0,05	0,3	<10	0,02	9,2	<0,05	<0,05	<0,02
BP1-P13	20/03/2012	<0,01	<0,01	<0,05	0,2	<10	<0,01	5,5	<0,05	<0,05	<0,02
BP2-P01	19/03/2012	<0,01	<0,01	<0,05	0,4	<10	0,03	3,5	<0,05	<0,05	<0,02
BP2-P13	19/03/2012	<0,01	<0,01	<0,05	0,1	<10	0,03	5,9	<0,05	<0,05	<0,02
BP1-01	12/09/2012	<0,01	<0,01	<0,05	1,0	<10	0,03	9,9	0,07	0,06	0,03
BP1-13	12/09/2012	<0,01	<0,01	<0,05	0,6	<10	<0,01	5,5	0,06	<0,05	<0,02
BP2-01	11/09/2012	<0,01	<0,01	<0,05	1,3	<10	0,02	4,3	0,06	<0,05	<0,02
BP2-13	11/09/2012	<0,01	<0,01	<0,05	1,2	<10	0,02	8,7	<0,05	<0,05	0,02

### 3.2.2.1 Medições automáticas do nível do freático e da temperatura

As medições automáticas do nível do freático e da temperatura tiveram seqüência e foram realizadas por equipamentos medidores da coluna de água pela pressão exercida sobre uma célula baro-sensível, marca *Solinst* modelo *Levellogger Gold 3001*.

As altitudes do nível da água anotadas nos piezômetros podem ser observadas na Figura 33 e Figura 34. Os valores foram obtidos a partir dos registros automáticos dos *dataloggers*, corrigidos por valores médios da pressão barométrica. Os dados apresentados nas figuras citadas serão reavaliados frente a variáveis levantadas na Estação meteorológica operada pelo Simepar em Telêmaco Borba.

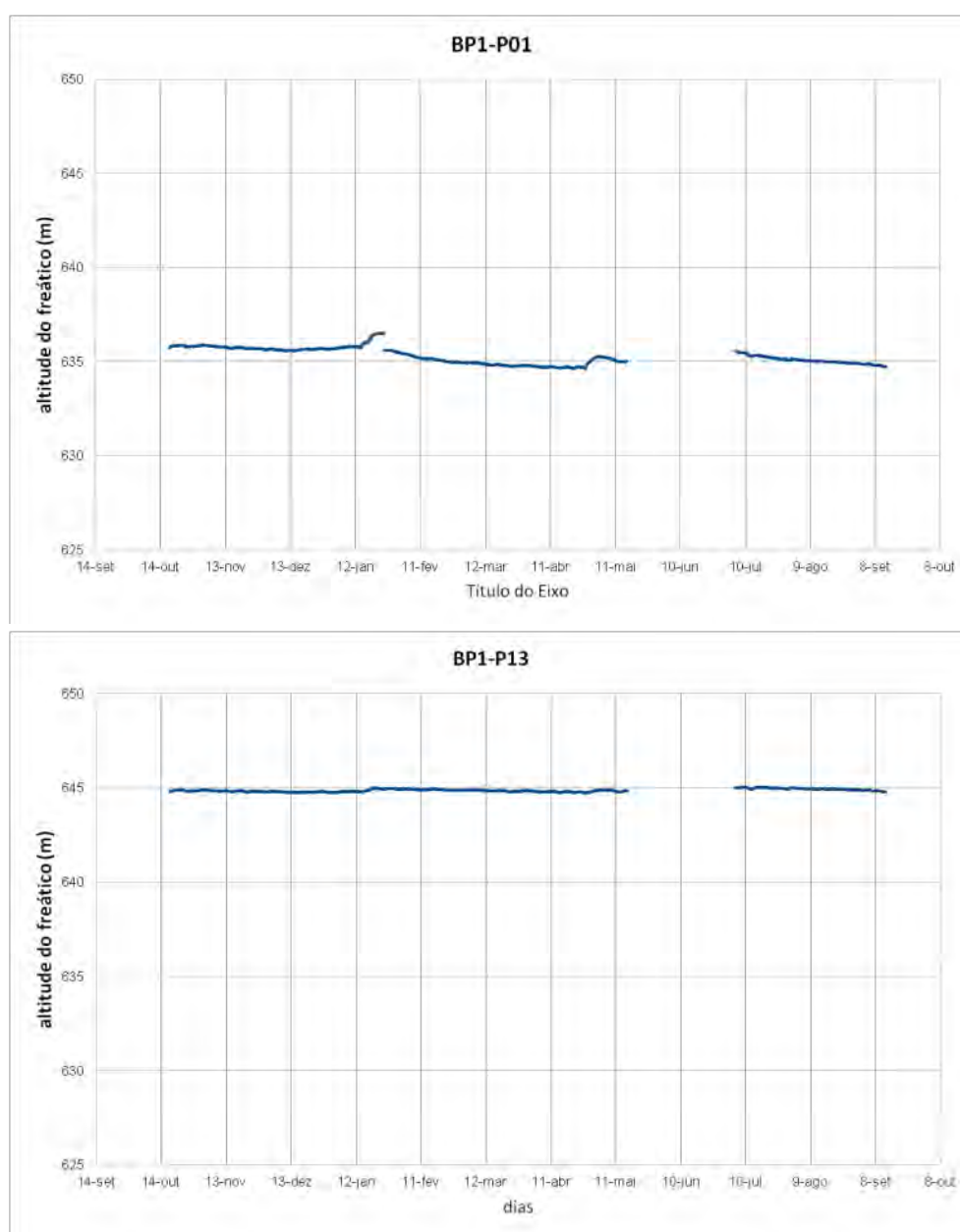


Figura 33 - Altitudes do freático, obtidas por medidor automático nos piezômetros BP1-P01 e BP1-P13 entre 17/10/2011 e 12/09/2012.

Os registros automáticos da temperatura estão ilustrados na Figura 35 e na Figura 36.

Por um problema na programação dos equipamentos, não foram registradas medidas no período entre 15 de maio e 04 de julho de 2012.

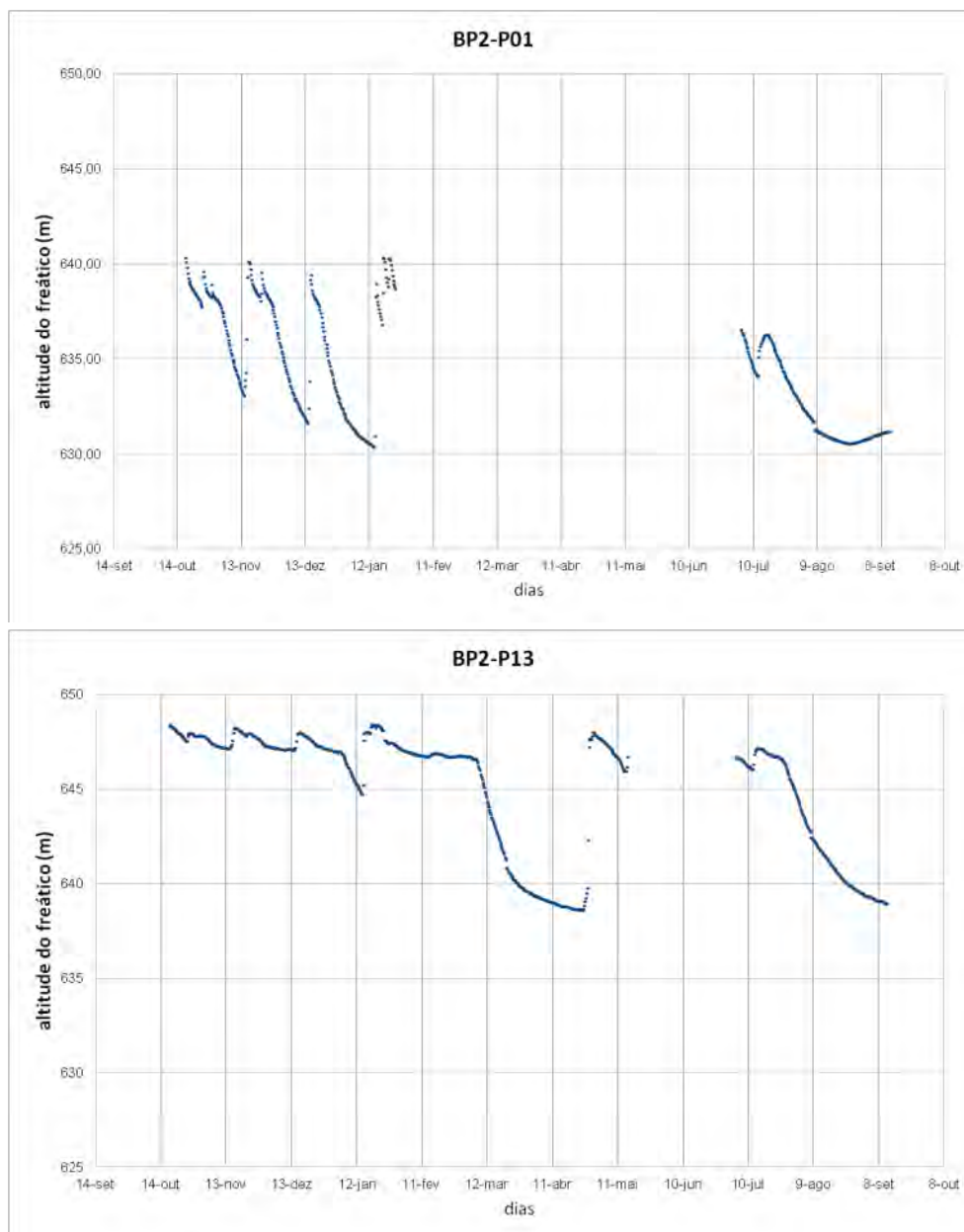


Figura 34 - Altitudes do freático, obtidas por medidor automático nos piezômetros BP2-P01 e BP2-P13 entre 17/10/2011 e 11/09/2012

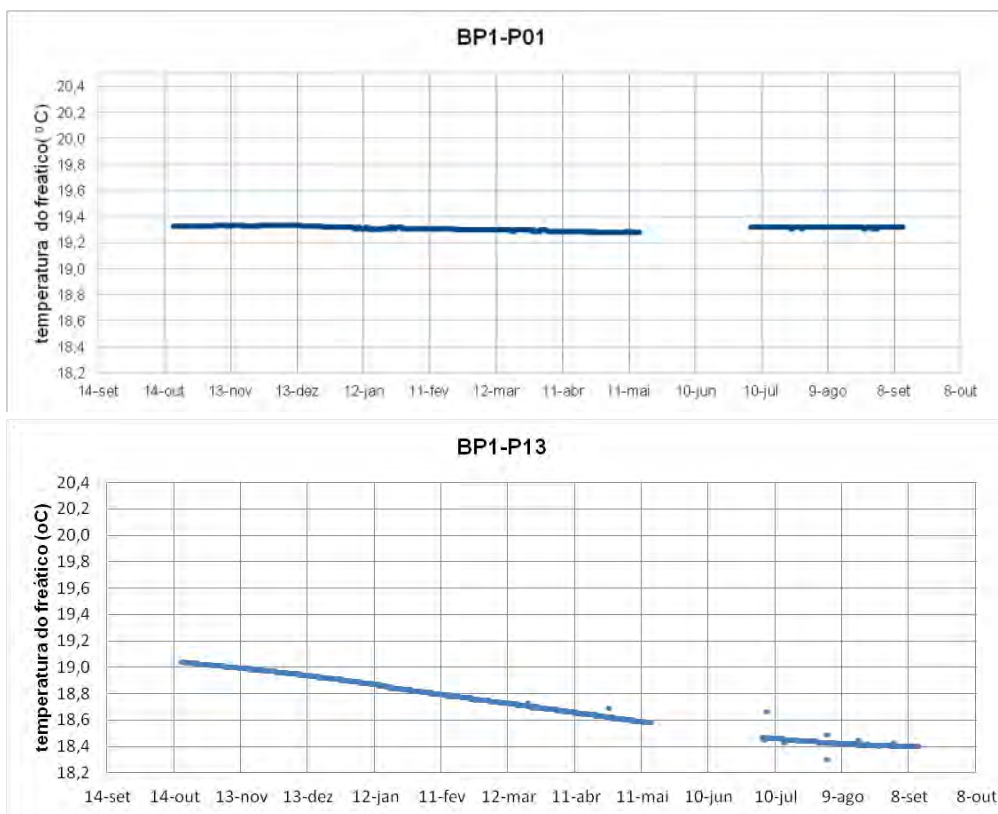


Figura 35 - Temperaturas obtidas por medidor automático nos piezômetros BP2-P01 e BP2-P13 entre 17/10/2011 e 11/09/2012.

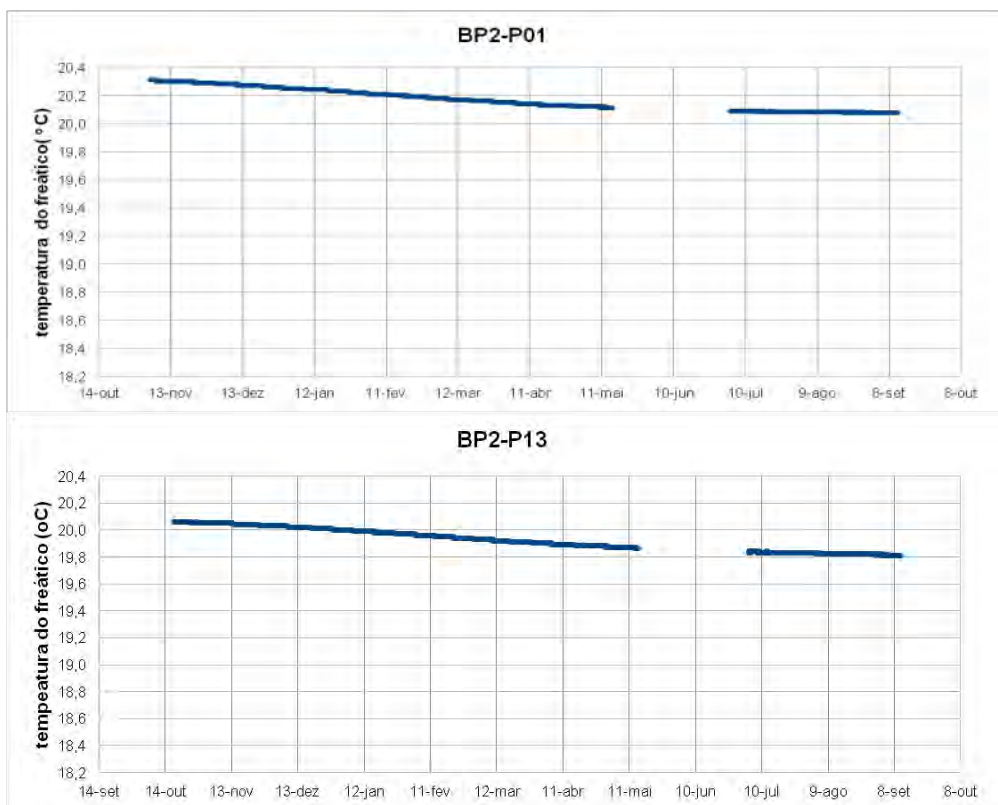


Figura 36 - Temperaturas, obtidas por medidor automático nos piezômetros BP2-P01 e BP2-P13 entre 17/10/2011 e 11/09/2012.



### 3.2.2.2 *Interpretação preliminar dos resultados obtidos das baterias de piezômetros*

No período que se seguiu ao relatório final da fase rio, ademais dos aspectos salientados naquele documento alguns mais merecem destaque.

No que concerne à piezometria do freático, ficou evidenciada a diferença de comportamento hidrogeológico entre as duas baterias de piezômetros. Enquanto na BP1 a variação da altura do nível de água foi de no máximo 2 m no BP1-P01, foi de poço mais de 30 cm no BP1-P13. Por outro lado, na BP2, a variação foi bem mais acentuada, variando em cerca de 10 m, tanto no P01 como no P13.

Em ambas as baterias, o efeito do enchimento do reservatório da UHE-Mauá ainda não se fez sentir no período monitorado.

A maior heterogeneidade e anisotropia no padrão de circulação de água subterrânea ocorre na área da BP2, o que deve ter relação com a intrusão do corpo de diabásio nas proximidades.

A temperatura da água variou muito pouco nos quatro poços piezométricos monitorados (Figura 35 e Figura 36). No BP1-P13 a temperatura decresceu continuamente de 18,4°C a 19,05°C. No BP2-P13 a variação foi de cerca de 0,3°C, com um máximo de 20,06°C, por outro lado no BP2-P01 a temperatura decresceu em 0,24°C a partir de um máximo de 20,32°C. No BP1-P01 a temperatura praticamente não variou, permanecendo no entorno de 20,01°C.

Uma interpretação mais consolidada dos registros será apresentada ao final da presente fase do programa de monitoramento, quando se tiver acesso aos dados de um período maior de observações.

O monitoramento dos perfis piezométricos através de dados obtidos em dez campanhas confirmou comportamentos distintos entre os sítios das duas baterias de piezômetros, o que é reforçado pelos dados dos *datalogers*. A BP1 apresentou uma boa homogeneidade no perfil piezométrico (Figura 37), com um aumento regular no nível do freático entre P1 e P10, havendo um abaixamento em P11 e P12, e uma retomada do perfil anterior no P13. Este aspecto pode estar relacionado a uma zona de fluxo facilitado naquele setor do perfil.

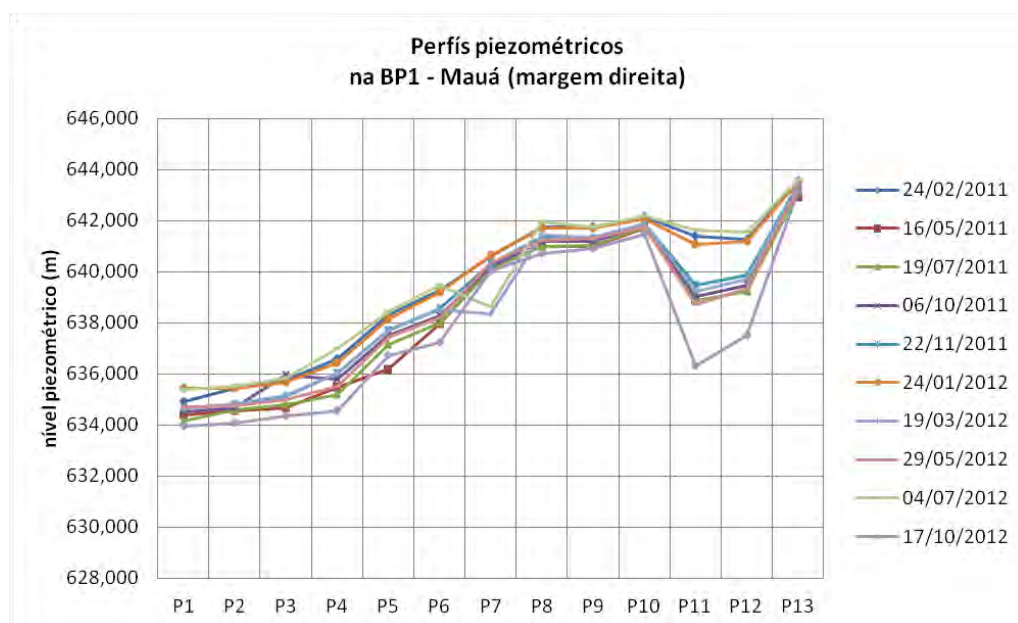


Figura 37 – Perfis piezométricos medidos em dez campanhas na BP1, situada na margem direita do rio Tibagi, no município de Telêmaco Borba. A figura foi construída com os dados constantes da Tabela 21.

A bateria BP2 (Figura 38) indica uma maior anisotropia nas condições de fluxo de água subterrânea. O padrão de fluxo indica, como seria de se esperar, a tendência geral de uma elevação no nível do freático entre P1 e P13, no entanto ocorrem no mínimo três importantes discontinuidades, caracterizando um padrão de fluxo transversal à linha da bateria de piezômetros. O perfil da BP2 é cruzado por duas ou três faixas de maior facilidade para o fluxo de água subterrânea, caracterizadas por abaixamentos sensíveis no nível piezométrico do aquífero livre, perto do P3, P7 e do P10.

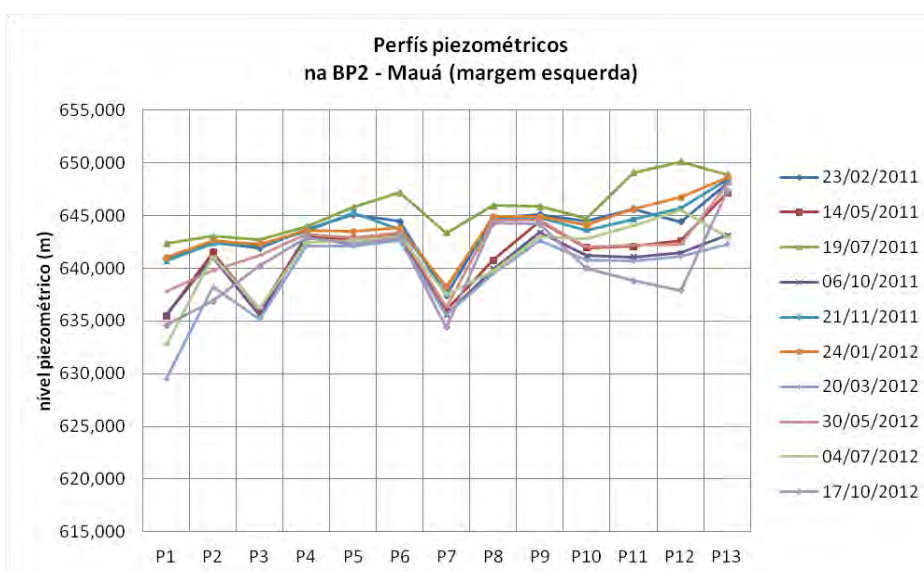


Figura 38 – Perfis piezométricos medidos em oito campanhas na BP2, situada na margem esquerda do rio Tibagi no município de Ortigueira. A figura foi construída com os dados constantes da tabela Tabela 22.

O perfil da condutividade (Figura 39) também explicita as discontinuidades no perfil da BP1. Enquanto em determinados poços há diferença muito pequena entre todas as medições, em P3, P4, P9 e P13, ocorre uma dispersão maior dos valores de condutividade.

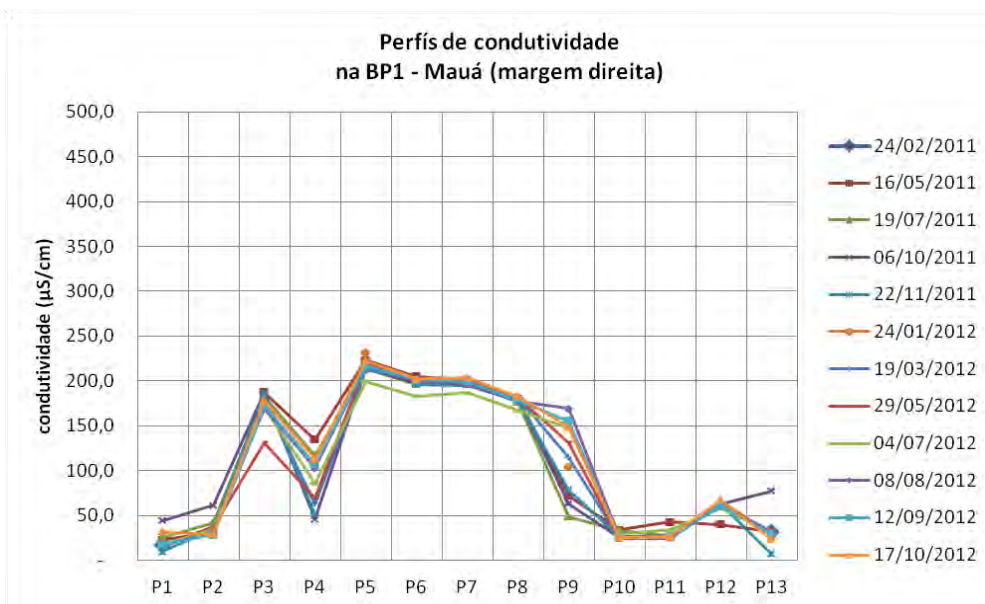


Figura 39 – Variação na condutividade da água medida em doze campanhas em amostras coletadas na BP1, nos piezômetros P1 a P13. Os dados apresentados na figura constam da Tabela 23.

O comportamento do perfil de pH (Figura 40), em linhas gerais, é coerente com a condutividade, sendo que as discontinuidades da sequencia de valores coincidem, estando os valores inferiores de pH correspondentes às condutividades mais baixas.

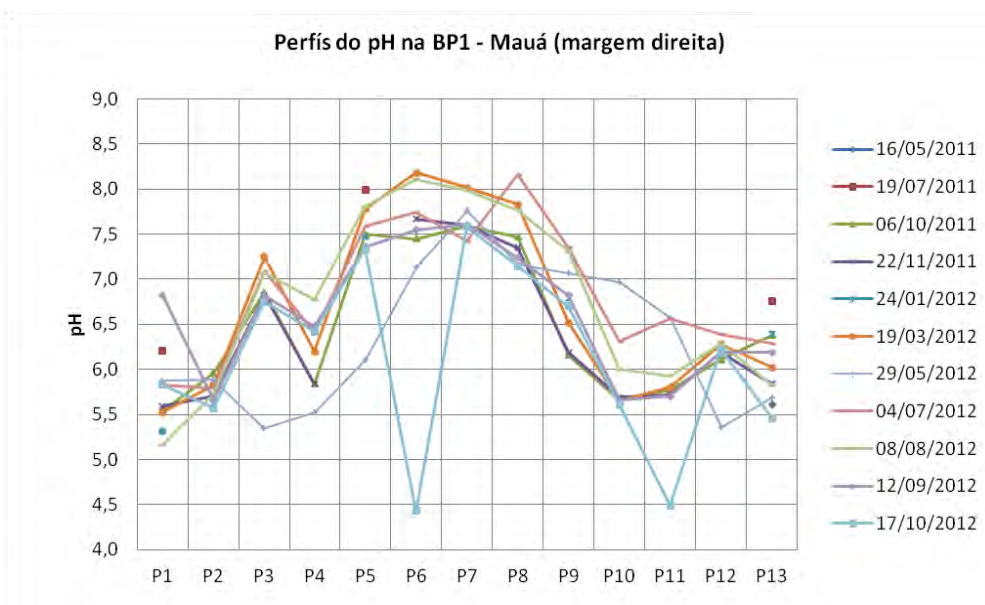


Figura 40 – Valores de pH ao longo da secção do terreno coberta pela bateria de piezômetros BP1, Os dados usados nos gráficos constam da Tabela 26

Em algumas campanhas, como em 19/05/12 e em 27/10/12, os valores de pH registrados podem não estar corretos, devido aos valores diferirem muito daqueles medidos até então, em alguns pontos.

A BP2 apresenta um substrato com padrões de fluxo mais heterogêneo, o que tem consequências nos perfis de condutividade e pH. A anormalidade no perfil obtido na campanha de 17/10/2012 reforça a conclusão de que os dados obtidos na ocasião são espúrios.

Em se tratando da BP2, há que se considerar que, nos últimos meses o local sediou a montante da bateria, uma guarita da empresa construtora da ponte sobre o rio Barra Grande. No local circularam alguns veículos e funcionários da construtora, podendo ter havido alguma contaminação do freático.

Também nas proximidades da BP2 foi estabelecido um sítio provisório para armazenagem de troncos de árvores seccionados e dispostos em pilhas na superfície do terreno. Para tal atividade o sítio sediou circulação de operários e equipamentos podendo ter causado alguma contaminação da água.

Notável foi o acréscimo nos valores de condutividade em P12 e P13 da BP2, o que pode ser atribuído também à presença de um rebanho bovino, que permaneceu por certo tempo aproveitando o pasto do local.

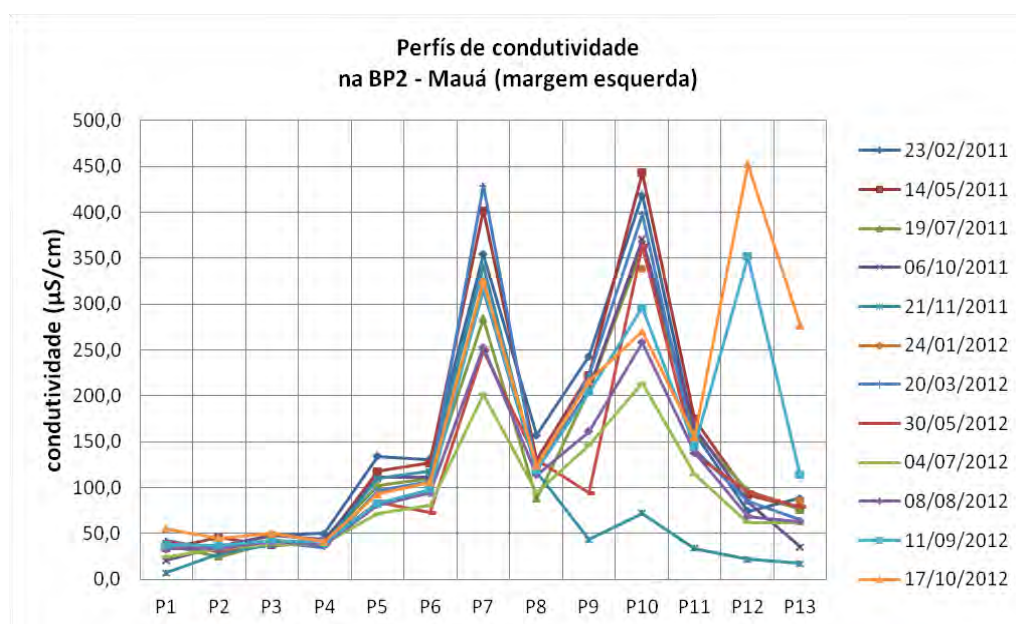


Figura 41 – Variação na condutividade da água medida em oito campanhas em amostras coletadas na BP2, nos piezômetros P1 a P13. Os dados apresentados na figura constam da Tabela 24.

Na BP2, o perfil do pH, como a condutividade, em P2 apresenta máximos em P7 e P10 e entre estes extremos superiores há um abaixamento no valor da variável em P8. A tendência geral de P1 a P13 é de um aumento do pH.

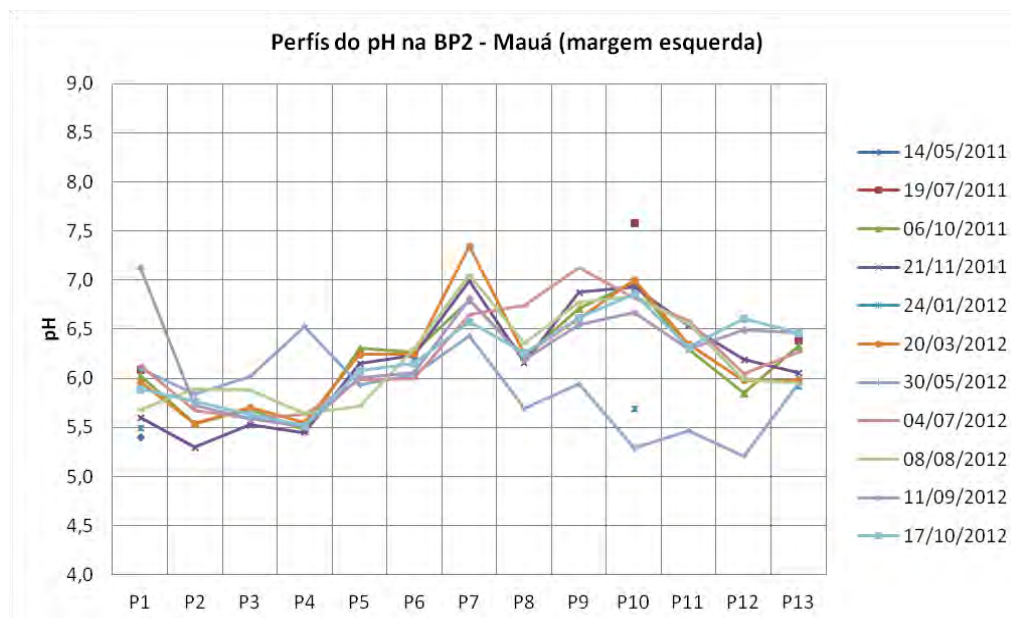


Figura 42 – Valores de pH ao longo da secção do terreno coberta pela bateria de piezômetros BP2, Os dados usados nos gráficos constam da Tabela 26.

Um panorama geral do quimismo das águas do freático nos dois sítios estudados, representado pela distribuição relativa dos macro-constituintes iônicos, por meio de um Diagrama de Durov (Figura 43), foi descrito no relatório relativo ao final da fase rio.

No presente documento o diagrama foi refeito tendo sido acrescidos os pontos correspondentes às campanhas realizadas até o momento.

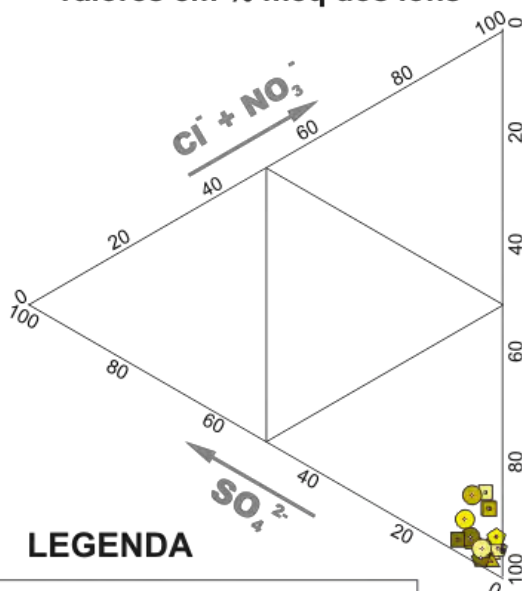
Para facilitar a visualização e interpretações, foram construídos polígonos de relações intercатиônicas (PRIC) envolvendo os pontos das campanhas anteriores ao período prioritariamente aqui relatado. Os pontos recentes estão locados individualmente no diagrama para visualizar sua relação com o polígono envolvente dos pontos anteriores. No apêndice do diagrama que representa a concentração total de materiais dissolvidos, está indicada por setas a relação dos pontos mais distantes dos conjuntos anteriores, notadamente no caso do BP2-P13.

O diagrama evidencia alguns fatos, destacando-se a maior dispersão dos pontos caracterizadores da composição do BP2-P13. As águas do referido P13 ficaram mais sódicas, o que não deixa de ser coerente com alguma contaminação de atividades humanas e da presença de gado no local.

## ÁGUA SUBTERRÂNEA DO FREÁTICO NA ÁREA DO RESERVATÓRIO DA UHE MAUÁ

RELATÓRIO TRIMESTRAL  
11/2012

valores em % meq dos íons



### LEGENDA

	BP1-P01	BP1-P13	BP2-P01	BP2-P13
07/2012-	●	▲	■	◆
08/2012-	●	▲	■	◆
09/2012-	●	▲	■	◆
10/2012-	●	▲	■	◆

Polígonos de relações intercатиônicas e paralelogramos complementares

<span style="color: red;">■</span> BP1-P01	<span style="color: green;">■</span> BP2-P01
<span style="color: purple;">■</span> BP1-P13	<span style="color: blue;">■</span> BP2-P13

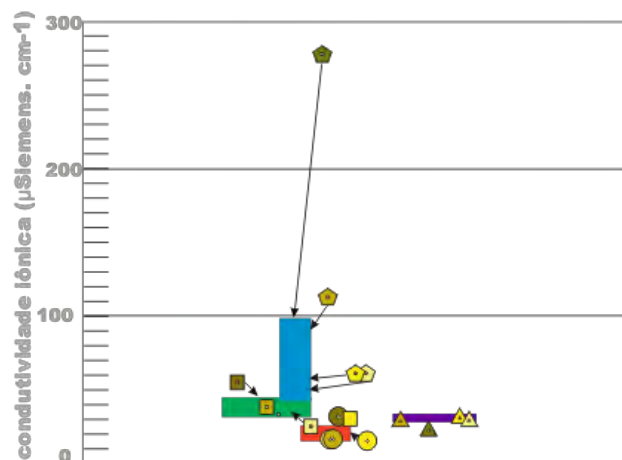
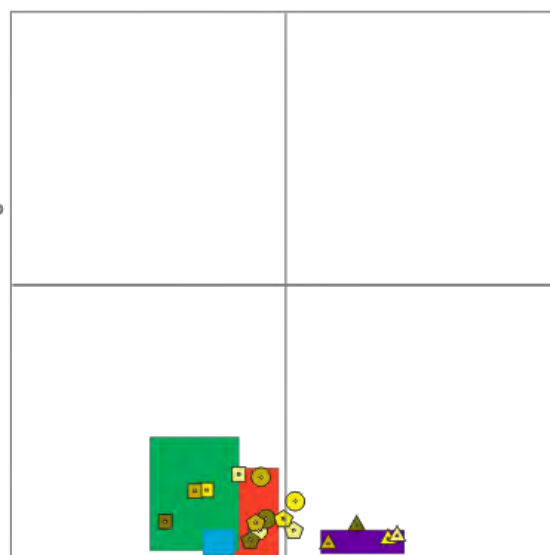
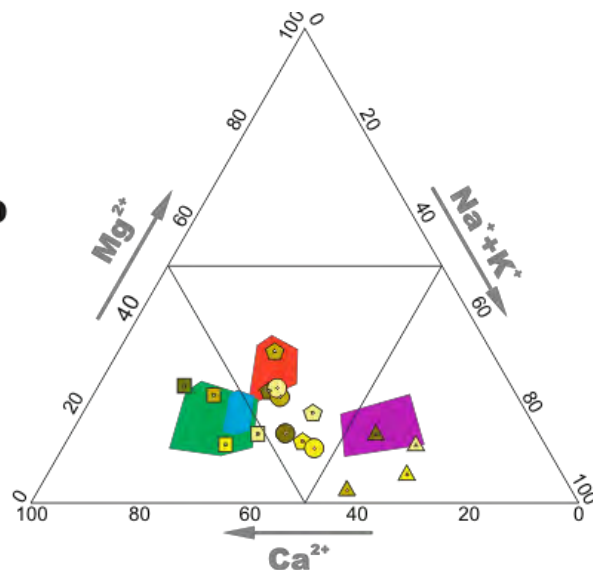


Figura 43 – Diagrama de Durov representando a água do freático nos pontos BP1 P1 e P13 e também em BP2 P1 e P13. O diagrama foi construído com os dados constantes da Tabela 25.

O BP1-P13 apresentou pequena variação composicional, principalmente devido à presença mais baixa de magnésio detectada nas análises mais recentes. O mesmo ocorreu com o BP1-P01 e causa desta pequena variação ainda não está clara.

A grande variação na concentração dos elementos químicos na água dos quatro piezômetros levou a que fossem elaborados diagramas com escala logarítmica para expressar a composição hidroquímica em cada caso. Em todos os casos, os valores na ordem de 0,01 ppb devem ser considerados com ressalvas, por coincidirem com o limite de detecção analítica por ICP-MS.

Em BP1-P01 (Figura 44), são caracterizados três grandes grupos de elementos químicos, de acordo com sua concentração: um grupo é formado pelos os elementos químicos dominantes da solução, são o silício, o cálcio, o potássio, o sódio e o magnésio, aproximadamente nesta ordem, todos no nível de concentração em ppm; b) outro grupo, aquele dos elementos detectados em praticamente todas as amostras, porém em concentrações entre 0,01 e 1 ppb, que é composto pelo cério, ítrio, neodímio, lantânio e tálio; c) o grupo mais numeroso, em concentrações desde 1 até 200 ppb, composto por alumínio, fósforo, bário, zinco, manganês, chumbo, estrôncio, cobre, rubídio, níquel, boro e lítio.

Em BP1-P13 (Figura 45), os três grupos também se destacam. Como particularidade o sódio, dos elementos analisados, é o elemento mais abundante na água após o silício e após estes vem o potássio, o cálcio e o magnésio. No grupo dos menos abundantes estão o cobalto, o cério, o neodímio, o lantânio, o ítrio e o tálio.

No BP2-P01 (Figura 46) e BP2-P13 (Figura 47), os três grupos observados na BP1 também estão evidenciados, porém ocorrem algumas diferenças notáveis. No grupo dos macro-constituintes o silício também é o mais abundante, porém seguido mais de perto pelo cálcio, vindo em seguida o sódio. O potássio e o magnésio se alternam como os últimos menos abundantes do grupo no decorrer do perfil de poços. No grupo dos menos abundantes, estão o cério, o lantânio, ítrio, tálio e neodímio.

Esta bateria BP2 também se caracteriza pela presença do manganês nitidamente em uma posição intermediária entre o grupo dos elementos mais abundantes e do grande grupo das concentrações intermediárias.

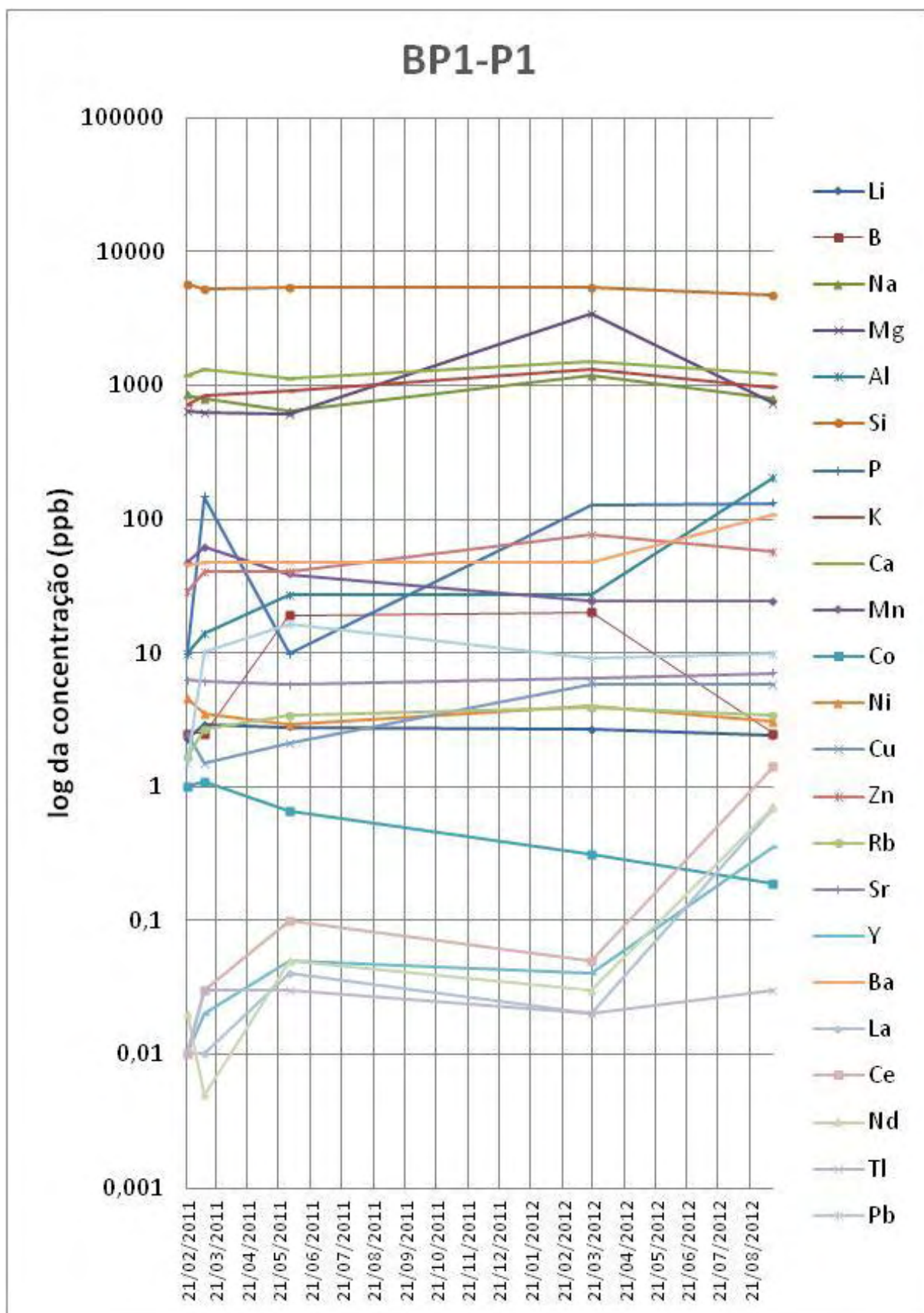


Figura 44 - Distribuição das concentrações de elementos químicos no BP1-P01



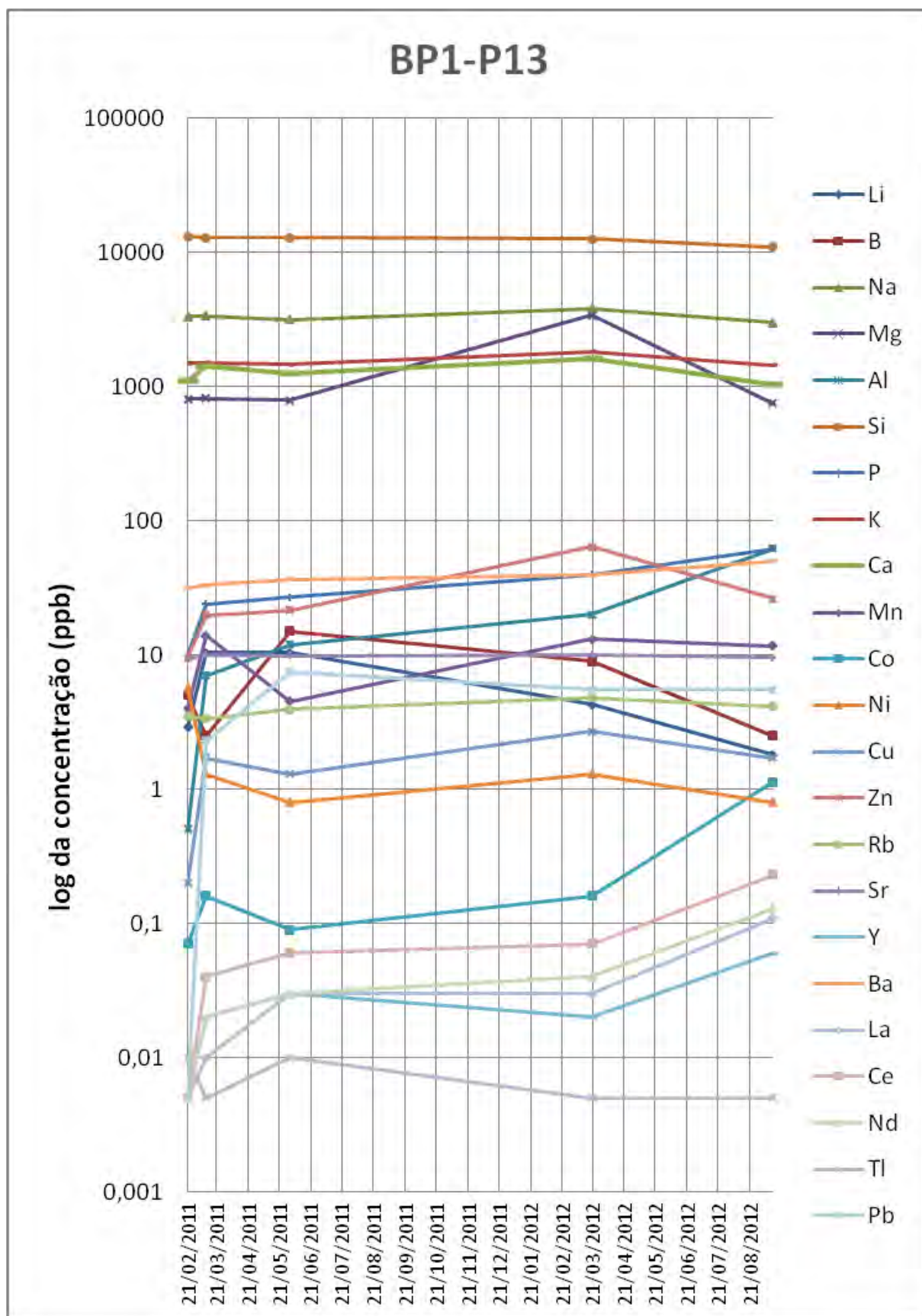


Figura 45 - Distribuição das concentrações de elementos químicos no BP1-P13.

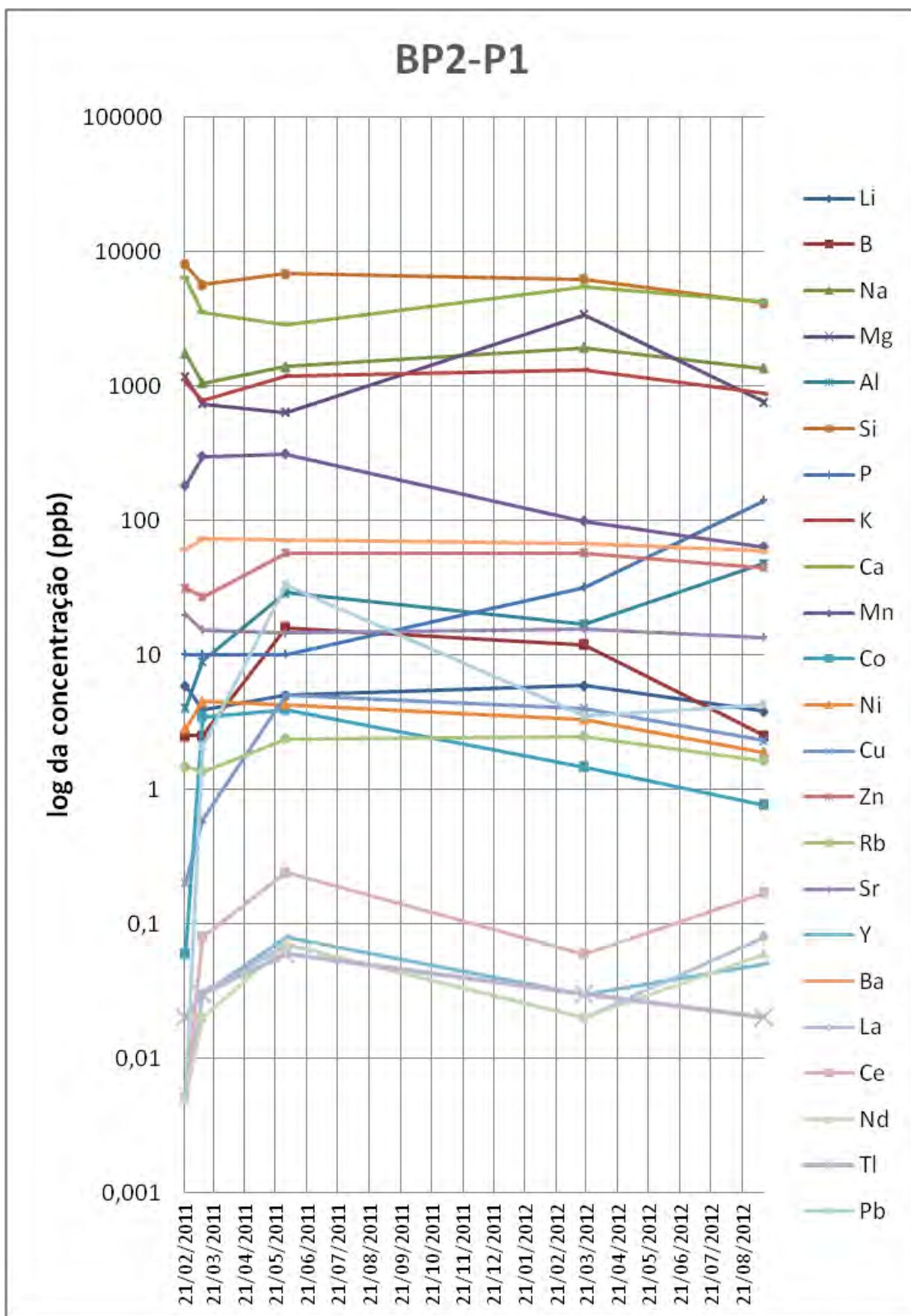


Figura 46 - Distribuição das concentrações de elementos químicos no BP2-P01.

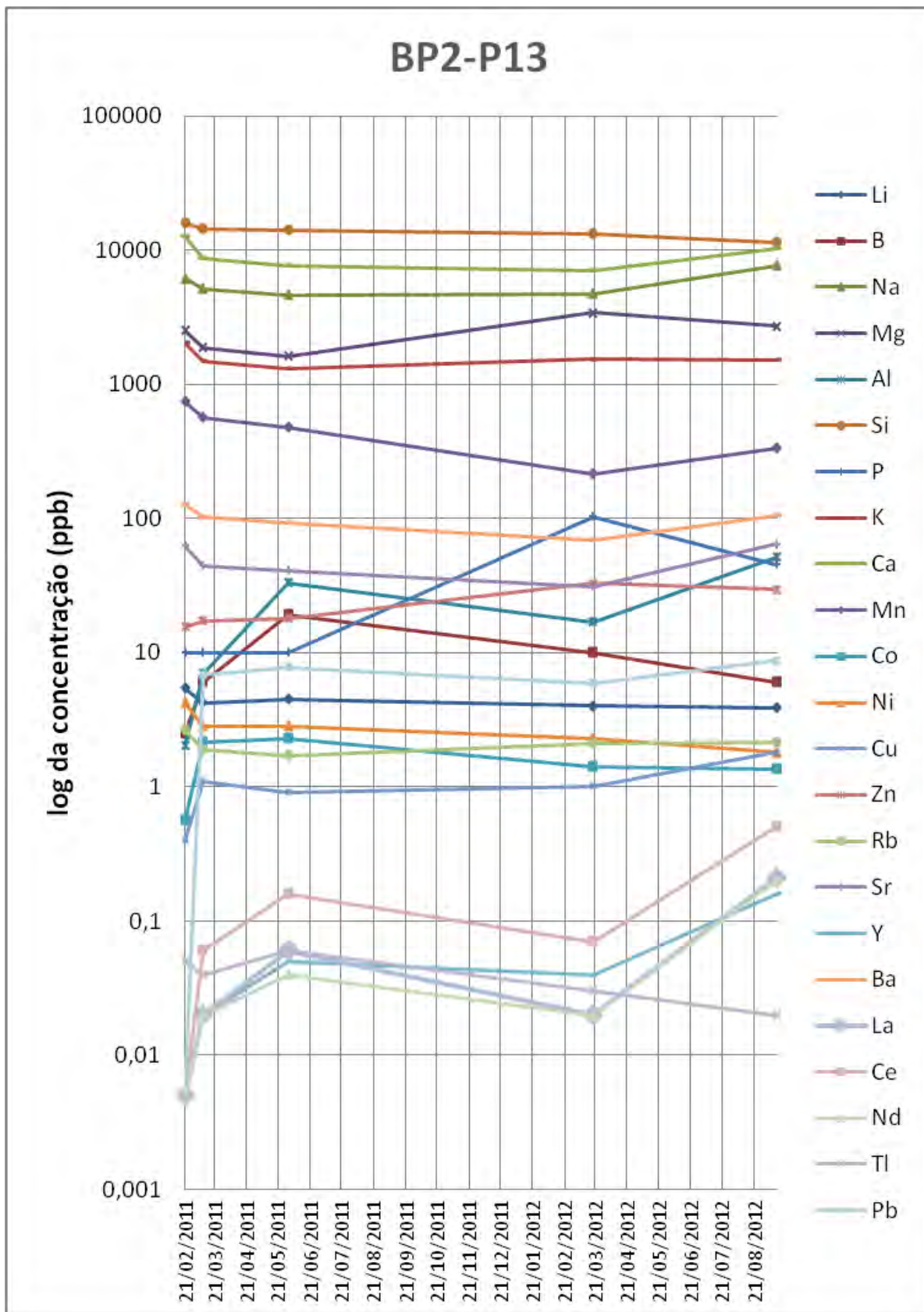


Figura 47 – Distribuição das concentrações de elementos químicos no BP2-P13.

### 3.2.3 Poços Profundos

No período compreendido por este relatório foram realizadas três campanhas de amostragem de qualidade de água nos poços profundos P2, P3, P5 e P7. A amostragem e análise de água dos aquíferos profundos, realizada em sete poços profundos, foram interrompidas em 2011, visto que as principais características químicas dos respectivos corpos de água já haviam sido levantadas.

Em agosto de 2012, em vistas do período de enchimento do reservatório, foram retomadas as medidas em alguns poços selecionados dentre aqueles amostrados na fase inicial dos trabalhos.

#### 3.2.3.1 Campanhas de medições e amostragens dos aquíferos profundos

As medições e amostragens dos aquíferos profundos foram realizadas nas mesmas ocasiões das medições e amostragens nas baterias de piezômetros no freático, BP1 e BP2, sendo suas características constantes na Tabela 6.

No período entre agosto/12 e novembro/12 foram realizadas quatro campanhas de amostragens conforme a Tabela 34.

*Tabela 34 – Poços tubulares profundos amostrados nas campanhas de 2012.*

Campanha	Data	Atividades de campo	Locais
11	08/08/2012	Amostragem em poços profundos	P2 e P7
12	12/09/2012	Amostragem em poços profundos	P2, P4 e P7
13	17/10/2012	Amostragem em poços profundos	P2, P3, P5 e P7

#### 3.2.3.2 Resultados analíticos dos poços profundos

Nas amostras coletadas foram analisados os componentes químicos majoritários, além de variáveis físico-químicas totalizadoras, conforme especificado na Tabela 35 e na Tabela 36.

Nas campanhas de setembro, outubro e novembro foram coletadas amostras para análise de elementos por ICP-MS, no entanto por procedimentos logísticos, apenas os resultados da campanha de setembro encontram-se concluídos e constam da Tabela 37.

Alguns analitos foram determinados em algumas amostras através de duas metodologias e em dois laboratórios diferentes, como é o caso dos elementos alcalinos sódio, potássio, cálcio e magnésio, Os resultados obtidos não foram idênticos, porém apresentaram coerência, o que pode ser utilizado como validação dos resultados para os respectivos analitos,

Detalhes e especificações das metodologias adotadas foram apresentados em referências de relatórios anteriores.

*Tabela 35 - Componentes iônicos majoritários determinados em amostras de água do freático, coletadas em poços tubulares profundos em 2012.*

Local	Data	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg,L <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
P2	08/08/2012	24,88	0	0,71	<1,0	0,14	2,15	1,12	5,60	2,40
P7	08/08/2012	148,66	13,36	49,08	-	<0,01	4,21	0,53	91,30	0,70
P2	12/09/2012	24,39	0	0,87	<1,0	0,17	2,31	1,70	6,60	2,50
P4	12/09/2012	113,20	0	0,87	4,2	0,39	27,91	4,06	9,20	1,40
P7	12/09/2012	90,36	39,96	36,48	39,2	0,33	2,99	0,48	133,70	0,30
P2	17/10/2012	25,68	0	0,61	<1,0	0,16	2,13	1,22	4,40	2,00
P3	17/10/2012	79,07	0	0,89	<1,0	<0,01	12,75	2,67	14,00	1,00
P5	17/10/2012	90,31	0	0,33	<1,0	<0,01	4,25	0,73	40,50	0,60
P7	17/10/2012	93,92	21,64	26,95	28,7	<0,01	2,55	0,24	132,0	1,60

*Tabela 36 - Condutividade, pH, alcalinidade e sólidos totais dissolvidos medidos em amostras de água coletadas nas baterias de piezômetros, em 2012.*

Local	Data	Condutividade (μS cm <sup>-1</sup> )	pH	Alcalinidade total (mg,L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	Alcalinidade à fenolftaleína (mg,L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )	STD (mg,L <sup>-1</sup> )
P2	08/08/2012	42	6,45	28,39	0	27
P7	08/08/2012	769	9,38	144,11	11,13	500
P2	12/09/2012	44	7,65	19,99	0	29
P4	12/09/2012	183	7,59	92,78	0	119
P7	12/09/2012	697	9,34	139,67	32,80	453
P2	17/10/2012	46	6,42	21,05	0	30
P3	17/10/2012	134	7,83	64,81	0	87
P5	17/10/2012	178	8,85	74,35		116
P7	17/10/2012	618	9,36	129,72	26,37	420

*Tabela 37 – Elementos em solução em poços profundos medidos por ICP-MS na campanha de setembro de 2012.*

Local	Data	Li	Be	B	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
		PPB	PPB	PPB	PPM	PPM	PPB	PPM	PPB	PPM	PPM
P2	12/09/2012	4,4	<0,05	<5	5,10	1,48	38	17299	164	<1	2
P4	12/09/2012	10,4	<0,05	15	10,01	4,24	16	14200	54	2	<1
P7	12/09/2012	96,1	<0,05	937	130,35	0,23	65	8739	118	36	22
Local	Data	K	Ca	Sc	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
		PPM	PPM	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB
P2	12/09/2012	2,21	1,81	<1	<10	0,3	5,9	2,95	56	<0,02	0,8
P4	12/09/2012	1,32	25,25	<1	<10	2,2	<0,5	1,78	<10	<0,02	<0,2
P7	12/09/2012	0,63	3,23	<1	<10	1,3	6,8	9,47	76	0,04	8,1
Local	Data	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr

		PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB	PPB
P2	12/09/2012	55,1	<0.05	<0.05	<0.5	<0.5	<5	0,74	25,50	0,02	0,06
P4	12/09/2012	44,9	<0.05	<0.05	3,1	6,0	<5	0,93	156,15	0,02	0,05
P7	12/09/2012	625,2	0,18	2,13	1,0	<0.5	38	1,11	128,28	0,05	0,21
Local	Data	Nb PPB	Mo PPB	Ru PPB	Rh PPB	Pd PPB	Ag PPB	Cd PPB	In PPB	Sn PPB	Sb PPB
P2	12/09/2012	<0.01	3,9	<0.05	<0.01	<0.2	0,05	0,32	<0.01	0,40	0,12
P4	12/09/2012	<0.01	0,9	<0.05	<0.01	<0.2	<0.05	0,07	<0.01	<0.05	0,22
P7	12/09/2012	<0.01	9,4	<0.05	<0.01	<0.2	<0.05	0,25	<0.01	0,24	1,80
Local	Data	Te PPB	Cs PPB	Ba PPB	La PPB	Ce PPB	Pr PPB	Nd PPB	Sm PPB	Eu PPB	Gd PPB
P2	12/09/2012	0,05	<0.01	47,76	0,04	0,08	<0.01	0,04	<0.02	<0.01	<0.01
P4	12/09/2012	<0.05	0,02	196,38	0,02	0,05	<0.01	0,03	<0.02	<0.01	<0.01
P7	12/09/2012	<0.05	0,11	34,19	0,13	0,29	0,03	0,12	0,02	<0.01	0,01
Local	Data	Tb PPB	Dy PPB	Ho PPB	Er PPB	Tm PPB	Yb PPB	Lu PPB	Hf PPB	Ta PPB	W PPB
P2	12/09/2012	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02
P4	12/09/2012	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.02
P7	12/09/2012	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	1,97
Local	Data	Re PPB	Pt PPB	Au PPB	Hg PPB	Ti PPB	Tl PPB	Pb PPB	Bi PPB	Th PPB	U PPB
P2	12/09/2012	<0.01	<0.01	<0.05	0,5	<0.01	7,1	0,11	0,21	<0.02	<0.01
P4	12/09/2012	0,03	<0.01	<0.05	<0.1	<0.01	0,9	<0.05	<0.05	2,21	0,03
P7	12/09/2012	<0.01	<0.01	<0.05	0,7	<0.01	22,0	<0.05	0,06	0,21	<0.01

### 3.2.3.3 Interpretação preliminar dos resultados obtidos para os poços profundos

Um panorama geral do quimismo das águas dos aquíferos profundos nos, representado pela distribuição relativa dos macro-constituintes iônicos, por meio de um Diagrama de Durov (Figura 48), foi descrito no relatório relativo ao final da fase rio.

No presente documento o diagrama foi refeito tendo sido acrescentados os pontos correspondentes à campanha de setembro de 2012.

Os pontos recentes estão locados individualmente no diagrama para visualizar sua relação com os polígonos envolventes dos pontos anteriores.

Em termos gerais, o caráter químico das amostras respeitou a posição ocupada pelas amostras coletadas anteriormente nos mesmos pontos, todavia em alguns casos ocorrem variações.

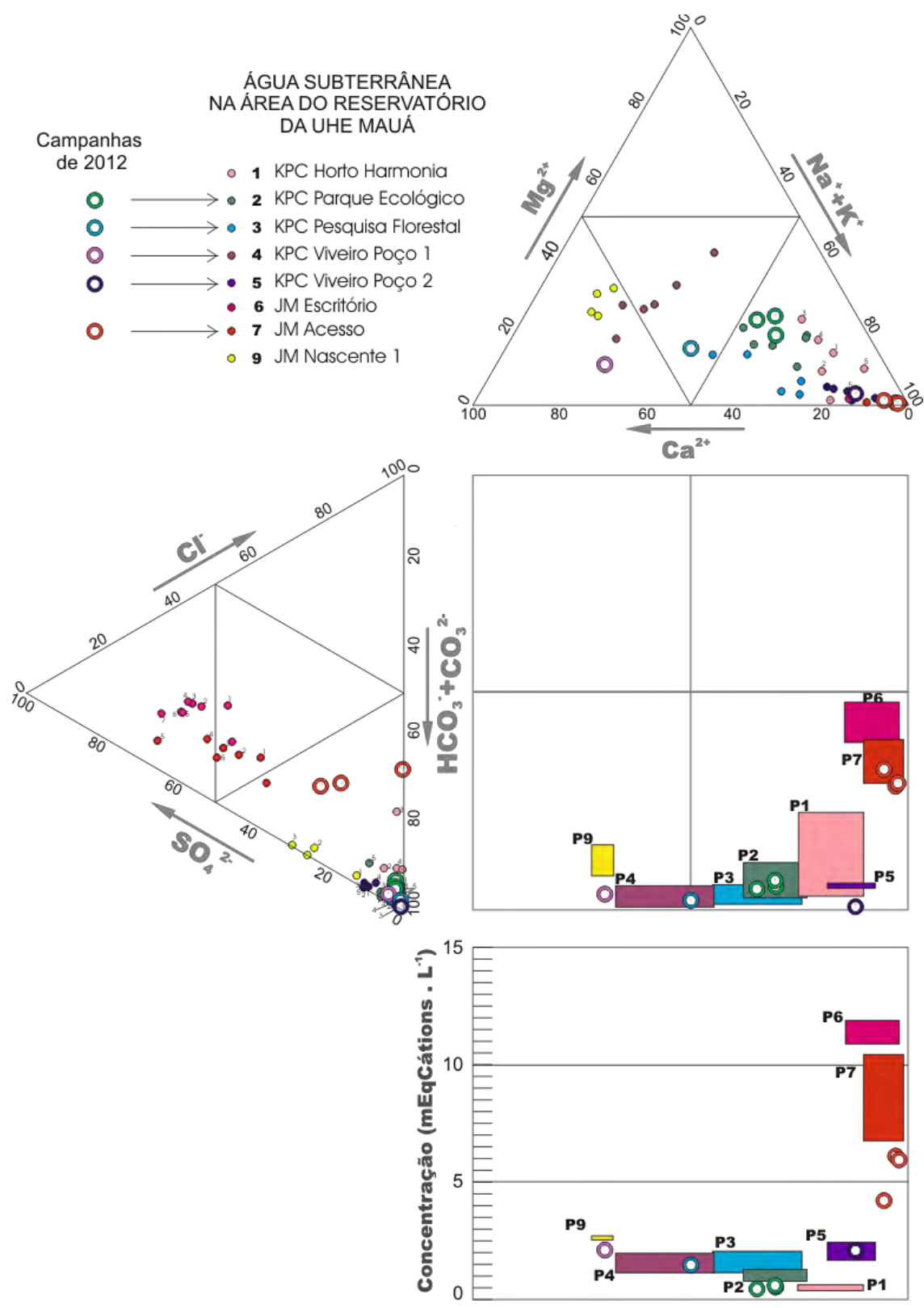


Figura 48 – Diagrama de Durov representando a água dos aquíferos profundos. O diagrama foi construído com os dados constantes da Tabela 35.

O ponto P2 é aquele cuja água teve a composição medida mais coincidente com as medidas anteriores, todavia a concentração de material dissolvido é levemente mais baixa em todas as medidas deste ano.

O ponto P4 se caracteriza por uma composição mais cálcica e menos magnésiana, estando pouco mais concentrado em termos de sólidos dissolvidos do que o grupo anterior.

O ponto P5 coincide com o agrupamento anterior quanto aos cátions, todavia apresenta-se mais carbonatado, no entanto coincide com o agrupamento anterior quanto à concentração total de íons.

O ponto P7, correspondente ao poço mais próximo do Reservatório da UHE Mauá, apresentou uma concentração de sulfato mais baixa do que nas amostras anteriores lá coletadas. Na última análise, a água apresentou uma concentração de material dissolvido inferior a todas as outras.

Todas as observações explicitadas, todavia, devem ser consideradas com cuidado, pois ainda não dá para se ter certeza de que há alguma tendência se manifestando. Há que se considerar também o fato de que o lago deve atingir sua cota final apenas em novembro/12.



## 4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados do presente monitoramento de águas superficiais, no que concerne as suas características físico-químicas e bacteriológicas, destaca-se:

- 1) Segundo a metodologia do Índice de Qualidade de Água (IQA) proposto pela CETESB, de forma geral, as águas do rio Tibagi e de seus afluentes, na região do empreendimento UHE Mauá, apresentaram qualidade boa e ótima, no período monitorado entre julho/12 e setembro/12.
- 2) Com relação ao grau de trofia do ecossistema, de acordo com o Índice de Estado Trófico (IET) proposto pela CETESB, na maior parte do período monitorado, as águas do rio Tibagi e afluentes na região de estudo, apresentaram característica mesotrófica ou superior. Especialmente na coleta extra, realizada exclusivamente para a avaliação do fitoplâncton e para a clorofila-a, no início do mês de outubro, observou-se a característica hipereutrófica da estação de montante (E1) e no início do reservatório (E2). Nos demais meses, as estações de reservatório apresentaram valores mais elevados, especialmente pela característica mais restritiva que apresenta o índice calculado especificamente para ambientes lênticos.
- 3) As estações de reservatório E6 e E10 foram classificadas de acordo com o IQAR como ambientes moderadamente degradados (Classe III). Déficit de oxigênio dissolvido, clorofila-a e DQO foram as variáveis que mais influenciaram nesta classificação.
- 4) Durante todo o período monitorado, variáveis de qualidade de água contempladas pela Resolução CONAMA 357/05 que se apresentaram em não conformidade com os limites dispostos para rios de Classe 2, em algum momento do monitoramento, foram oxigênio dissolvido, fósforo total, coliformes termotolerantes, fenóis, clorofila-a e densidade de cianobactérias (as duas últimas, somente na coleta extra, no início de outubro/12, na estação E1 e E2).
- 5) O perfil de temperatura e oxigênio mostrou-se estratificado nas estações E6 e E10 nos meses de agosto/12 e setembro/12. Especialmente nas estações E6 (proximidades da barragem) e E10 (rio Barra Grande), foram registradas baixas concentrações de oxigênio dissolvido, ou mesmo anóxia, durante a avaliação do perfil vertical.

Com base nos resultados do presente monitoramento de águas superficiais, no que concerne à comunidade fitoplanctônica, destaca-se:

- 1) Os valores registrados para a densidade do fitoplâncton e clorofila-a foram mais elevados em relação aos registrados na fase lótica do empreendimento, mas de acordo com o esperado, pois as algas encontram dificuldade maior de sobrevivência diante de turbulência e turbidez mais elevadas das águas.
- 2) Durante as análises processadas em 2012, elevadas densidades da alga verde *Eutetramorus fottii* e da diatomácea *Asterionella formosa* foram registradas no mês de agosto/12 e de outubro/12, respectivamente. Tais eventos são mais comuns em águas com índices de estado trófico mais elevados.
  - a. Ambas as espécies acima citadas não apresentam registro de potencial tóxico na literatura.
- 3) As cianobactérias *Microcystis aeruginosa*, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Dolichospermum* spp., potencialmente neuro e/ou hepatotóxicas, foram constatadas no reservatório em baixas concentrações na maior parte das contagens, exceto em outubro/12, quando se registrou densidade acima de  $10.000 \text{ cél.mL}^{-1}$ , na estação E2. Estas cianobactérias possuem histórico de florações tóxicas em reservatórios brasileiros, salientando-se a necessidade da continuidade do monitoramento, pois a presença dos inóculos, associada às condições que facilitam o crescimento mais acelerado das espécies, tais como temperatura mais elevada e coluna d'água estratificada, podem resultar em eventos de florações.
- 4) É importante que sejam avaliadas as condições tróficas do sistema e a fonte de origem dos inóculos de cianobactérias potencialmente tóxicas, evitando-se que se estabeleçam as condições facilitadoras para a superpopulação destes microorganismos, com a formação do reservatório.

Com base nos resultados do presente monitoramento de águas superficiais, no que concerne à comunidade zooplanctônica, destaca-se:

- 1) Com a formação do reservatório houve um incremento de táxons elevando os números registrados para a riqueza de espécie nas duas fases de monitoramento (rio e reservatório).

- 2) Nos pontos localizados no corpo central do reservatório foram registrados os maiores picos de abundância, principalmente para os rotíferos.
- 3) Entre os microcrustáceos, tanto para a riqueza quanto para a abundância, os valores foram menores.
- 4) Como abordado anteriormente, a formação de um reservatório pelo represamento de um rio tende a favorecer espécies colonizadoras oportunistas capazes de tolerar a instabilidade ambiental ou que se adaptem facilmente às condições do meio.
- 5) Em síntese, os resultados apresentados no presente relatório mostraram que o represamento do rio provocou mudanças significativas na composição e abundância da comunidade zooplanctônica. A principal alteração foi a dominância de espécies tipicamente planctônicas sobre as bentônicas.

Com base nos resultados do presente monitoramento de águas superficiais, no que concerne à comunidade de macroinvertebrados bênticos, destaca-se:

- 1) Ainda não houve a formação da zona litoral propriamente dita no reservatório. A zona litoral está coberta por vegetação que não foi suprimida das margens.
- 2) A espécie exótica *Corbicula fluminea* já se faz presente na porção mediana do reservatório.
- 3) As estações a jusante do reservatório foram fortemente afetadas quanto à supressão de habitats para os macroinvertebrados aquáticos.
- 4) Nos dois meses avaliados, o número de táxons e a abundância foram baixos na maioria das estações.

Com base nos resultados do presente monitoramento de águas subterrâneas, destaca-se:

- 1) O monitoramento do freático até o momento indica que as águas subterrâneas dos aquíferos rasos possuem boa qualidade química quanto aos parâmetros levantados, não sendo ultrapassados valores limites legais vigentes.
- 2) Em termos de quimismo dos macro-constituintes iônicos, trata-se, em todos os casos de águas bicarbonatadas com condutividade entre 10 e 280  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Na bateria da margem direita, em Telêmaco Borba, o poço de montante (BP1-P13) se destaca dos outros por acessar água bicarbonatada sódica, enquanto o poço de jusante desta bateria possui água

de caráter bicarbonatado misto. Na bateria da margem esquerda, município de Ortigueira (BP2), as águas de ambos os poços de monitoramento são bicarbonatadas cálcicas.

- 3) Na bateria da margem direita, o conjunto das análises dos macro-constituintes iônicos evidencia águas contendo mais material em solução no poço de jusante, o que seria um comportamento esperado. Na bateria da margem esquerda, todavia, não foi o que se verificou, pois na maioria dos casos o poço de montante apresentou águas mais condutivas.
- 4) O quimismo indica que o fluxo subterrâneo tem direção transversal às linhas dos piezômetros e que há uma heterogeneidade de fluxos em termos composicionais, mesmo na escala abrangida pelas baterias de piezômetros. Este aspecto se dá em função de descontinuidades do ambiente sub-superficial, sejam elas estruturais ou faciológicas. Esta constatação se confirma pela análise dos dados piezométricos.
- 5) Do ponto de vista da piezometria observada nos perfis levantados durante as campanhas de medidas diretas nas duas baterias, fica evidenciado que o perfil da margem direita do Tibagi é mais contínuo e regular, ao passo que na margem esquerda são evidenciadas descontinuidades significativas, o que é corroborado pelas diferenças no quimismo das águas.
- 6) Os dados de medições contínuas registradas nos quatro “datalogers” indicaram amplitudes de variação, no nível da água de ambos os piezômetros da margem direita, inferiores a um metro. Os dados obtidos nos piezômetros da margem esquerda, por sua vez indicaram variações muito maiores, na ordem de dois metros no ponto de montante e de dez metros no ponto de jusante.
- 7) A posse de uma coleção sistemática de dados como estes que estão sendo obtidos, possibilita a detecção de eventuais valores inconsistentes ou anômalos. Este fato evidencia a fragilidade de programas baseados em informações ou análises químicas pontuais, tanto no espaço como no tempo.
- 8) Os dados coletados nos poços profundos ainda não permitem uma avaliação consistente da influência do reservatório da UHE Mauá. De posse de dados consolidados, de um maior número de campanhas, considerações mais conclusivas serão feitas.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J.D. Life history patterns in zooplankton. *American Naturalist*; 110:165-180. 1976.
- APHA American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., 1998.
- BEYRUTH, Z. & PEREIRA, H. The isolation of rio Grande from Billings reservoir, São Paulo, Brazil: effects on the phytoplankton. *Boletim do Instituto da Pesca* 28(2):111-123. 2002.
- BICUDO, C.E.M. & BICUDO, D.C. Amostragem em Limnologia. Rima, São Carlos. 371 pp. 2004.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C. A comunidade fitoplânctonica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. In: MEDRI, M.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A; PIMENTA, J. A. (Eds.). *A bacia do rio Tibagi*. Londrina, PR. p.373-402. 2002.
- BOEGER, W. A. P.; PIE, M. R.; FALLEIROS, R. M.; OSTRENSKY, A.; DARRIGRAN, G.; MANSUR, M. C.D.; BELZ, C. E. Testing a molecular protocol to monitor the presence of golden mussel larvae (*Limnoperna fortunei*) in plankton samples. *Journal of Plankton Research*, v. 29, p. 1015/11-1019, 2007.
- BOUVY, M.; FALCÃO, D.; MARINHO, M.; PAGANO, M.; MOURA, A. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology* 23:13-27. 2000.
- BRAGA, B.; PORTO, M & TUCCI, Ca.E.M. 2006. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: Aldo Rebouças; Benedito Braga & José Galizia Tundisi. *Águas doces no Brasil. Capital ecológico, uso e conservação*. 3ª Ed. Escrituras, São Paulo. Cap. 5. 145-160.
- BRANCO, S. M., Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária, São Paulo, 3ed, CETESB / ASCETESB, 616p, 1986.
- CALIJURI, M.C.; ALVES, M.S.A. & SANTOS, A.C.A. Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais. São Carlos: RIMA. 2006.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2010. Índice de Estado Trófico (IET) (online). Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iva\\_iet.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iva_iet.asp). [Acesso em 09 de dezembro de 2010]. 2010.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. (on line). Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf> . [Acesso em 10 de fevereiro de 2011]. 2009.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo. (on line). Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-/relatorios> [Acesso em 10 de fevereiro de 2011]. 2009.
- CHORUS, I. & BARTRAM, J. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. London: E & F Spon, 1999.
- CUMMINS, K.W. Invertebrates. In: PETTS, G. & CALOW, P. (Eds.) *River biota: diversity e dynamics*. New York. Blackwell Science. 75-91. 1996.
- DORGELO, J.; DONK, E.; BIERBRAUWER, I. G. The late winter/spring Bloom and sucession of diatoms during four years in Lake Maarsseven (The Netherlands). *Verh.Internat.Verein.Limnol.* 21:938-947. 1981.
- DUROV, S.A. Natural Waters and graphic representation of their composition. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR* v. 59, 1948 p. 87-90.
- EPA. Lake and reservoir bioassessment and biocriteria. Technical guidance document. United States Environmental Protection Agency. Part-2. 1998.

- FUNASA. Cianobactérias Tóxicas na Água para Consumo Humano na Saúde Pública e Processos de Remoção em Água para Consumo Humano. Brasília, Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde. 2003.
- HYNES, H.B.N. 1974. The biology of polluted Waters. Toronto: University of Toronto Press. 202pp.
- IBGE – Instituto Brasileiro Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. [Acesso em 31 de março de 2010].
- LACTEC - INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO. Diagnóstico das condições limnológicas e da qualidade da água superficial e subterrânea na região do empreendimento UHE Mauá – relatório final fase rio. Relatório, 2011.
- JORCIN, A. & NOGUEIRA, M.G. Benthic macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (southeast Brazil). *Braz.J.Biol.*, 68(4, suppl.): 1013-1024. 2008.
- JORGENSEN, S. E.; VOLLENWEIDER, R. A. (Ed.). Guidelines of Lake Management. Vol. 1. Principles of Lake Management. ILEC/UNEP. Japan, 1989. 199 p.
- JULIO JR., H.F.; BONECKER, C.C. & AGOSTINHO, A.A. 1997. Reservatório de Segredo e sua inserção na Bacia do Rio Iguaçu. In: Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Capítulo 1. P.1-17. EDUEM.
- KELMAN, J.; PEREIRA, M.V.; ARARIPE NETO, T.A.; SALES, P.R.H. & VIEIRA, A.M. 2006. Hidreletricidade. In: Aldo Rebouças; Benedito Braga & José Galizia Tundisi. Águas doces no Brasil. Capital ecológico, uso e conservação. 3ª Ed. Escrituras, São Paulo. Cap. 16. 507-543.
- KLEINE, P. & TRIVINHO-STRIXINO, S. 2005. Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first order stream: community response after habitat fragmentation. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 17(1):91-99.
- KOROVCHINSKY, N.M. 1996. How many species of Cladocera are there? *Hydrobiologia*, 321: 191-204
- KRIVTSOV, V.; BELLINGER, E. G. & SIGEE, D. C. Changes in the elemental composition of *Asterionella* Formosa during the diatom spring bloom. *Journal of plankton research* 22(1):169-184. 2000.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Barcelona: Omega, 1100 p
- MARZOLF, R.G. Reservoir as environments for zooplankton. In: Thornton, K.W. 1990. Perspectives on reservoir limnology. In: Thornton, K.W.; Kimmel, B.L. & Payne, F.E. (eds.). *Reservoir Limnology: ecological perspectives*. New York: John Wiley & Sons, pp.195-208. 1990.
- MATSUMURA TUNDISI, T. 1999. Diversidade de Zooplâncton em Represas do Brasil. In: HENRY, R. (Ed.). *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. Botucatu Fundibio/Fapesp, cap. 2, p.39-54
- MEDEIROS, Z.; MENEZES, J.A; CESSE, E.P & LESSA, F. Controle da filariose linfática no Brasil, 1951-2000. *Epidemiologia e serviços de Saúde*. 12(2):77-86. 2003.
- MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O.A.; PIMENTA, J.A. A bacia do rio Tibagi. Londrina: M.E. Medri, 2002. 595p.
- MELÃO, M.G.G. A produtividade secundária do zooplâncton: métodos, implicações e um estudo na lagoa Dourada. In: Henry R. editor. *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: Fapesp/Fundibio. p. 151-183. 1999.
- NEEDHAM, J.G. & NEEDHAM, P.R. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Editorial Reveté, S.A. 131 p. 1978.
- PALMER, M.W. 1980. *Algae and Water Pollution*. Castle House Publications.

- PÉREZ, G.R. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo para la Protección del Medio Ambiente – FEN Colombia & Fondo Colombiano de Invetigaciones Científicas y Proyectos Especiales “Francisco José de Caldas” – COLCIENCIAS, 1988.
- RESH, V.H. & JACKSON, J.K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSEMBERG, D.M. & RESH, V.H. (Eds.). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York: Champman & Hall. 155-233. 1993.
- ROCHA, O.; SENDACZ, S.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Composition, biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs of Brazil. In: Tundisi JG; Bicudo CEM; Matsumura-Tundisi T, Editors. Limnology in Brazil. Rio de Janeiro: ABC/SBL. p. 151-165. 1995.
- ROLLA, M.E. Inventário limnológico do rio Grande na área de influência da futura Usina Hidrelétrica (UHE) de Igarapava. Acta Limnologica Brasiliensia, São Paulo, v. 4, p. 139-162. 1992.
- ROSEMBERG, D.M. & RESH, V.H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSEMBERG, D.M. & RESH, V.H. (Eds.). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York: Champman & Hall. 1-9. 1993.
- ROUND, F. The ecology of Algae. Cambridge:University press. 1979.
- SANT’ANNA, C.; AZEVEDO, M. T. P.; WERNER, V. R.; DOGO, C. R.; RIOS, F.; CARVALHO, L. R. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. Algological Studies 126:251-265. 2008.
- SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. Hidrometria Aplicada, Curitiba: Editoração CEHPAR – Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza. 2001. 372 p.
- SENDACZ, S. Distribuição geográfica de alguns organismos zooplanctônicos na América do Sul. *Acta Limnol. Bras.*, 6:31-41. 1993.
- SERAFIM-JÚNIOR, M.; BONECKER, C.C.; ROSSA, D.C.; LANSAC-TÔHA, F.A.; COSTA, C.L. Rotifers of the upper Paraná river floodplain: additions to the checklist. Brazilian Journal of Biology; 62(2): 207-212. 2003.
- SIPAÚBA-TAVARES, ROCHA,O. Produção de Plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para Alimentação de Organismos Aquáticos. Suprema. 2001.
- STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. 1999. Reservoir Ecosystem Functioning: Theory and Applications. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J. G. (Ed.). Theoretical Reservoir Ecology and its Applications, Holanda: Backhuys, p. 565-597.
- THORNTON, W. K. Perspectives on reservoir limnology. In: Thornton, K. W.; Kimmel, B.L. and Payne, E. F. (eds.). Reservoir Limnology: ecological perspectives. New York: John Wiley & Sons, Inc., pp. 1-13. 1990.
- TUCCI, A. & SANT’ANNA, C. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Botânica 26(1):97-112. 2003.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, 2008. T. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 631p.
- TUNDISI, J.G. 1993. Represas do Paraná superior: limnologia e bases científicas para o gerenciamento. In: Boltovskoy, A. & Lopez, H.L. (Eds.) Conferencias de Limnología, La Plata, Argentina. P 41-42.
- VAN den BRINK. F.W.B.; VAN KATWIJK, M.M. & VAN der VELDE, G. 1994. Impact of hidrology and phyto- and zooplankton community composition in floodplain lakes along the Lower Rhine and Meuse. J. Plankton. Res., 16 (4) :351-373.

- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3a ed. Belo Horizonte : Ed. UFMG. 452p. 2005.
- WARD, J.V. & STANFORD, J.A. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In: FONTAINE, T.D. & BARTELL, S.M. (Ed.). Dynamics of lotic ecosystems. Ann Arbor: Ann Arbor Science, p. 29-42.
- WETZEL, R. G. Limnologia. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian, 919p. 1993.
- YABE, M.J.S.; GIMENEZ, S.M.N.; BISINOTI, M.C.; PAES, M.A.A.; LOBO, R.R.; FIGUEIREDO, E.S. Influência de Fenóis na Bacia do rio Tibagi. (on line) *In*: 23ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Poços de Caldas, MG. 2000. Disponível em <http://www.s bq.org.br/ranteriores/23/resumos/1260/index.html> . Acesso em 20 de fevereiro de 2011.



## 6 ANEXOS

ANEXO I  
Dados pluviométricos

**UHE MAUÁ - Estação: Telemaco Borba**

**Código AANEL: 2450064**

**Alturas Pluviométricas Diárias (mm)**

Dia	2012				
	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
2	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,40	13,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	4,40	0,00	0,00	0,00	0,00
7	8,60	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	5,60
9	0,00	0,00	0,00	0,00	29,60
10	0,00	0,00	0,40	0,00	1,60
11	28,40	0,00	1,80	7,00	0,00
12	7,00	0,00	0,00	0,20	10,60
13	0,20	0,00	0,00	0,00	0,20
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,20	0,00	0,00	0,00	2,80
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
17	7,40	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
19	0,00	0,00	0,80	2,20	0,00
20	0,20	0,00	0,20	1,60	
21	0,20	0,00	42,20	0,80	
22	0,00	0,00	0,20	0,00	
23	0,00	0,00	0,00	30,40	
24	0,00	0,00	0,00	1,40	
25	1,40	0,00	4,40	16,60	
26	0,20	0,00	0,00	4,20	
27	1,60	4,40	0,00	4,80	
28	0,40	4,00	0,00	2,60	
29	0,20	0,00	0,00	0,00	
30	0,00	0,20	0,20	0,00	
31	-	0,00	0,00	-	
<b>Total</b>	<b>60,6</b>	<b>8,6</b>	<b>50,2</b>	<b>74,2</b>	<b>63,8</b>
<b>Máx</b>	<b>28,4</b>	<b>4,4</b>	<b>42,2</b>	<b>30,4</b>	<b>29,6</b>
	Datas de coleta			Campanha complementar	
SD	Sem Dados				

**UHE MAUÁ - Estação: Porto de Areia Tibagi Montante**  
**Código AANEL: 2450072**

**Alturas Pluviométricas Diárias (mm)**

Dia	2012				
	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SD	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,80	3,20
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	7,00	0,00	0,00	0,00	2,40
7	9,40	0,00	0,00	0,00	0,20
8	0,00	0,00	0,00	0,00	5,80
9	0,00	0,00	0,00	0,00	11,40
10	0,00	0,00	0,60	0,00	17,40
11	12,20	0,00	1,40	1,40	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	23,40
13	0,20	0,00	0,00	0,00	0,20
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	16,20
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	4,40	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
19	2,60	0,00	1,60	0,20	0,00
20	9,60	0,00	0,80	2,60	
21	0,00	0,00	34,80	0,40	
22	0,00	0,00	0,00	7,80	
23	0,00	0,00	0,00	21,60	
24	0,00	0,00	0,00	1,40	
25	0,00	0,00	12,00	0,80	
26	0,00	0,00	0,00	0,80	
27	1,40	10,40	0,00	3,20	
28	0,20	2,00	0,00	3,80	
29	0,00	0,20	0,00	0,00	
30	0,00	0,00	0,20	13,20	
31	-	0,00	0,00	-	
<b>Total</b>	<b>47,4</b>	<b>12,6</b>	<b>51,4</b>	<b>58,0</b>	<b>80,2</b>
<b>Máx</b>	<b>12,2</b>	<b>10,4</b>	<b>34,8</b>	<b>21,6</b>	<b>23,4</b>
	Datas de coleta			Campanha complementar	
SD	Sem Dados				

## ANEXO II

Lista de espécies do fitoplâncton, identificadas por estação

Rios Estações	Tibagi						Imbauzinho	Barra Grande
	E1	E2	E4	E6	E7	E9	E3	E10
<b>Cyanophyceae</b>								
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	X	X	X	X	X			X
<i>Chroococcus</i> sp.	X				X		X	
<i>Cyanogranis ferruginea</i>			X					X
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>			X	X				X
<i>Dolichospermum solitarium</i>					X	X		X
<i>Dolichospermum</i> sp.	X							
<i>Merismopedia tenuissima</i>	X	X						X
<i>Microcystis aeruginosa</i>	X	X		X				
<i>Pseudoanabaena mucicola</i>	X							
<i>Pseudoanabaena</i> sp.1								X
cyanophyceae sp.1		X			X		X	
cyanophyceae sp.4				X		X		X
<b>Chlorophyceae</b>								
<i>Acanthosphaera</i> sp.				X			X	
<i>Ankyra judai</i>	X	X	X	X	X	X		X
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>			X					
<i>Characium</i> sp.				X				X
<i>Chlorella oocystoides</i>	X							
<i>Chlorotetraedron incus</i>	X		X					
<i>Closteriopsis longissima</i>			X					
<i>Closteriopsis</i> sp.				X			X	X
<i>Crucigenia tetrapedia</i>				X				
<i>Desmodesmus bicaudatus</i>							X	X
<i>Desmodesmus granulatus</i>				X		X		
<i>Desmodesmus opoliensis</i>		X						
<i>Desmodesmus pseudodenticulatus</i>			X					
<i>Desmodesmus pseudohelveticus</i>	X		X				X	
<i>Desmodesmus quadricauda</i>	X							
<i>Desmodesmus serratus</i>							X	X
<i>Desmodesmus</i> sp.17	X	X	X				X	X
<i>Desmodesmus</i> sp.25		X	X					X
<i>Desmodesmus</i> sp.40	X		X				X	
<i>Didymogenes anomola</i>	X	X						
<i>Diplochlois lunata</i>	X							
<i>Dydimocystis</i> sp.			X					
<i>Dimorphococcus</i> sp.	X							
<i>Dyctiosphaerium ehrenbergianum</i>				X	X	X		
<i>Dyctiosphaerium pulchellum</i>	X	X	X	X		X	X	X
<i>Dyctiosphaerium subsolitarium</i>	X					X		
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	X		X	X	X			X

Rios	Tibagi						Imbauzinho	Barra Grande
Estações	E1	E2	E4	E6	E7	E9	E3	E10
<i>Eutetramorus fottii</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Eutetramorus</i> sp.	X						X	
<i>Franceia javanica</i>	X	X	X	X				X
<i>Geminella pulchra</i>	X			X				
<i>Hyloraphidium</i> sp.	X						X	
<i>Kirchneriella microscopica</i>			X					
<i>Kirchneriella obesa</i>	X							
<i>Micractinium pusillum</i>	X	X	X	X		X	X	
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	X	X	X	X		X	X	
<i>Monoraphidium contortum</i>	X	X	X	X	X		X	X
<i>Monoraphidium minutum</i>	X	X	X	X			X	X
<i>Monoraphidium</i> sp.2	X							
<i>Nephrochlamys willeana</i>			X					X
<i>Oocystis lacustris</i>			X	X	X	X		X
<i>Oocystis naegelii</i>					X			X
<i>Pediastrum duplex</i>	X							
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	X	X						
<i>Scenedesmus</i> aff. <i>dimorphus</i>	X	X						
<i>Scenedesmus disciformis</i>					X		X	
<i>Scenedesmus</i> sp.2		X	X					
<i>Schroederia antillarum</i>		X						
<i>Stauridium tetras</i>			X					
<i>Tetraedron minimum</i>							X	
<i>Tetrastrum heterocanthum</i>							X	
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	X	X	X					
<i>Tetrastrum triangulare</i>		X					X	
<i>Treubaria triappendiculata</i>	X	X	X	X		X		
Chlorophyceae sp.16				X				
<b>Chlamydomphyceae</b>								
<i>Chlamydomonas</i> sp.1	X							
<i>Chlamydomonas</i> sp.2	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chlamydomonas</i> sp.3								X
<i>Chlamydomonas</i> sp.4		X					X	
<i>Chlamydomonas</i> sp.5				X				
<i>Chlamydonephris pommiformis</i>		X						
<i>Spermatozoopsis exultans</i>		X						
<i>Eudorina</i> sp.				X				
chlamydomphyceae sp.2								X
<b>Prasinophyceae</b>								
<i>Nephroselmis</i> sp.			X	X		X		X
<i>Pedinomonas</i> sp.	X	X	X	X			X	

Rios	Tibagi						Imbauzinho	Barra Grande
Estações	E1	E2	E4	E6	E7	E9	E3	E10
<i>Tetraselmis</i> sp.1							X	
<b>Xanthophyceae</b>								
<i>Tetraëdriella jovetii</i>	X						X	
<i>Tetraplektron</i> sp.			X					
Xanthophyceae sp.			X					
<b>Zygnemaphyceae</b>								
<i>Closterium gracile</i>	X		X	X			X	
<i>Closterium</i> sp.2	X			X				X
<i>Closterium</i> sp.3						X		
<i>Cosmarium margaritatum</i>							X	
<i>Cosmarium subprotumidum</i> var. <i>pyramidatum</i>			X					
<i>Cosmarium</i> sp.12								X
<i>Mougeotia</i> sp.1	X	X	X			X		X
<i>Staurastrum cristatum</i>							X	
<i>Staurastrum leptocladum</i>				X				
<i>Staurastrum pseudotetracerum</i>		X						X
<i>Staurastrum punctulatum</i>	X							
<i>Staurastrum</i> sp.1			X	X				X
<i>Staurodesmus</i> sp.1							X	
<i>Staurodesmus</i> sp.4					X			
<b>Bacillariophyceae</b>								
<i>Acanthoceras zachariasii</i>	X							
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	X				X			
<i>Asterionella formosa</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Aulacoseira ambigua</i>	X		X	X				
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i>								X
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	X	X	X	X		X		X
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>australiensis</i>	X	X	X					
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>			X	X		X		X
<i>Aulacoseira herzogii</i>	X							
<i>Aulacoseira pusilla</i>	X	X	X	X	X			X
<i>Aulacoseira tenella</i>							X	
<i>Aulacoseira</i> sp.1	X	X						X
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>					X			
<i>Cyclostephanus invisitatus</i>			X				X	
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	X	X						X
<i>Discostella stelligera</i>	X	X	X	X			X	X
<i>Encyonema silesiacum</i>		X	X		X			
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>gracilis</i>	X	X	X	X			X	
<i>Fragilaria longifusiformis</i>	X				X		X	
<i>Frustulia saxonica</i>	X							



Rios	Tibagi						Imbauzinho	Barra Grande
Estações	E1	E2	E4	E6	E7	E9	E3	E10
<i>Gomphonema lagenula</i>					X	X		
<i>Gomphonema parvulum</i>					X			
<i>Hippodonta capitata</i>							X	
<i>Melosira varians</i>	X		X				X	
<i>Navicula cryptocephala</i>	X	X			X			
<i>Navicula cryptotenella</i>	X	X			X			
<i>Navicula schroeterii</i>	X				X		X	
<i>Navicula rostellata</i>		X						
<i>Nitzschia gracilis</i>	X							
<i>Nitzschia palea</i>	X	X	X	X	X		X	X
<i>Nitzschia sp.1</i>	X			X				X
<i>Nitzschia sp.2</i>				X				
<i>Spicaticribra rudis</i>			X					
<i>Surirella angusta</i>	X							
<i>Synedra goulardii</i>					X			
<i>Ulnaria acus</i>	X							X
<i>Ulnaria ulna</i>	X		X	X				
<i>Urosolenia eriensis</i>			X	X			X	X
<i>Urosolenia longiseta</i>	X		X	X		X		X
<i>Rhizosolenia eriensis var. pusilla</i>			X					
vista pleural 2 - <i>Navicula</i>	X				X		X	
vista pleural 7 - <i>Pinnularia</i>						X		
<b>Cryptophyceae</b>								
<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cryptomonas sp.2</i>	X	X	X	X		X	X	X
<i>Rhodomonas lacustris</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhodomonas minuta</i>		X	X	X		X		X
<i>Rhodomonas sp.1</i>		X						
<b>Euglenophyceae</b>								
<i>Euglena sp.1</i>							X	
<i>Strombomonas sp.1</i>					X			
<i>Strombomonas sp.2</i>			X					
<i>Trachelomonas sp.1</i>				X				
<i>Trachelomonas sp.2</i>		X					X	
<b>Dinophyceae</b>								
<i>Parvodinium umbonatum</i>		X	X	X			X	X
<i>Peridinium gatunense</i>								X
<i>Peridinium sp.9</i>			X					
<i>Peridinium sp.10</i>			X					
<b>Chrysophyceae</b>								
<i>Chromulina gyrans</i>	X	X	X	X	X	X	X	X

Rios	Tibagi						Imbauzinho	Barra Grande
Estações	E1	E2	E4	E6	E7	E9	E3	E10
<i>Chrysamoeba</i> sp.			X				X	
<i>Dinobryon divergens</i>	X						X	
<i>Dinobryon</i> sp.1				X				
<i>Kephyrion</i> sp.1			X					X
<i>Kephyrion</i> sp.2			X	X	X		X	X
<i>Mallomonas akrokomos</i>	X							
<i>Mallomonas alorgei</i>							X	
<i>Mallomonas intermedia</i>	X			X				X
<i>Mallomonas tonsurata</i>								X
<i>Mallomonas</i> sp.4		X						
<i>Mallomonas</i> sp.8		X	X					
<i>Stokesiella</i> sp.		X	X					
<i>Synura uvella</i>	X						X	X
<i>Rhipidodendron huxleyi</i>		X						
chrysophyceae sp.6			X					