

# USINA HIDRELÉTRICA JIRAU

Programa de Monitoramento Limnológico

Relatório Técnico Referente à Segunda Campanha de  
Monitoramento - Janeiro de 2010



Março / 2010

## **EQUIPE TÉCNICA**

### **Coordenadora do projeto**

Bióloga M.Sc. Juliana Machado do Couto

### **Trabalhos de campo e laboratório**

Bióloga Kátia Bittar Haddad  
Biólogo Wagner Batista Xavier  
Biólogo Paulício Maconi Filho  
Químico Brunno Misofante da Silva Gomides  
Téc. Alline Caetano Luz

### **Análise das comunidades aquáticas**

Biólogo Dr. Luiz Felipe Machado-Velho (Zooplâncton)  
Bióloga Dra. Luzia Cleide Rodrigues (Fitoplâncton)  
Bióloga M.Sc. Carolina Bussadori Piva (Zoobentos)

### **Consultor**

Prof. Dr. Luis Mauricio Bini

### **Equipe técnica e científica do monitoramento limnológico em tempo real**

Prof. Dr. José Galizia Tundisi – Limnólogo - Coordenador do projeto  
Profa. Dra. Takako Matsumura–Tundisi – Limnóloga - Supervisor geral  
Dra. Corina Sidagis Galli – Responsável pelo Laboratório Físico-Químico  
Dr. Donato Seiji Abe – Limnólogo – Responsável pela elaboração dos relatórios técnicos  
Eng. José Eduardo Matsumura Tundisi, MsC – Logística e administração de Projetos-  
Responsável pelos contratos e cumprimento dos prazos  
Lic. Deyves Elias Grimberg – Gerente de Qualidade  
Dra Maria Regina Martins Triques - Química Responsável  
Tec. Valéria Teixeira da Silva - Química – Análises químicas  
Tec. Fernando de Paula Blanco – Técnico especializado de campo e laboratório – Apoio na elaboração de relatórios  
Biol. Carlos Rogério Lopes Faria – Gerente Comercial  
Fernando Souza Soares – Biólogo especializado de campo  
José Josuel – Secretário e apoio no trabalho de campo  
CMA Engenharia Elétrica – Sistema de transmissão dos dados

Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental  
Endereço: Rua Bento Carlos, 750, Centro, CEP 13560-660, São Carlos-SP  
Fone/FAX: 16 3362-5400 e 16 3372-7129  
Home page: <http://www.iiega.org.br>  
E-mail: [iiega@iiega.org.br](mailto:iiega@iiega.org.br)

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	1
2. Objetivos.....	2
3. Metodologia.....	2
3.1. Área de Estudo .....	2
3.2. Coleta e Análise das Amostras .....	5
3.3. Índice de Qualidade da Água (IQA).....	8
3.4. Índice do Estado Trófico (IET) .....	10
3.5. Comunidades Biológicas .....	10
4. Resultados e Discussão.....	14
4.1. Variáveis Abióticas.....	14
4.2. Variáveis Bacteriológicas .....	40
4.3. Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice do Estado Trófico (IET) .....	42
4.4. Perfil vertical do ponto 18 (P18-MAD 5), localizado no rio Madeira .....	44
4.5. Síntese dos Parâmetros Limnológicos .....	45
4.6. Comunidades Biológicas .....	47
4.7. Comunidades Biológicas Associadas à Madeira Flutuante-Ecologia da Madeira	91
5. Monitoramento Limnológico em Tempo Real .....	99
6. Considerações Finais .....	103
7. Referências .....	109
ANEXO I - Registro Fotográfico .....	118
ANEXO II - Localização dos pontos de coleta. ....	123
ANEXO III - Imagem de satélite com a localização do sistema de monitoramento em tempo real no rio Madeira (RS 3 – Lucas). ....	124
ANEXO IV - Monitoramento Ambiental dos Elementos-Traço.....	125
ANEXO V - Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras .....	151

## 1. Introdução

Programas de monitoramento limnológico (que incluem as principais assembleias biológicas) são primordiais para a identificação e a avaliação dos impactos ambientais causados por empreendimentos hidrelétricos nos corpos aquáticos. Especificamente, as séries de dados obtidas antes das intervenções antrópicas permitem estabelecer uma linha de base que indica os valores de medidas de tendência central e de variabilidade que, de acordo com a regra de temporalidade (utilizando os princípios da inferência causal), não estão associadas com as intervenções, uma vez que estas ainda não ocorreram. Somente a comparação dos dados, obtidos antes e após as intervenções, pode fornecer evidências sobre seus efeitos e sua magnitude no ambiente aquático. Os dados obtidos em programas de monitoramento também são essenciais para verificar a eficiência ou não de medidas de manejo (e.g., controle de fontes pontuais e difusas de nutrientes), utilizando a mesma regra de temporalidade da inferência causal, ou seja, a eficiência deve ser avaliada considerando os dados obtidos antes e após a efetivação da medida de manejo.

É necessário destacar, no entanto, que os programas de monitoramento devem ser de longa duração uma vez que muitos impactos podem não ocorrer imediatamente após a intervenção, ou seja, pode existir uma defasagem temporal entre a intervenção e os impactos causados por essa intervenção.

Os efeitos de grandes empreendimentos hidrelétricos na região Amazônica têm sido frequentemente investigados. Muitos desses efeitos (e.g., influência sobre populações de peixes migradores e emissões de gases de efeito estufa) podem ser preditos considerando os resultados obtidos em programas de monitoramento. No entanto, considerando as especificidades dos ecossistemas lóticos e das bacias hidrográficas nas quais estes sistemas estão inseridos, a capacidade de extrapolação é limitada e, certamente, as magnitudes das mudanças ambientais e ecológicas causadas pelos empreendimentos, devem ser quantificadas em cada caso.

Portanto, o objetivo desse relatório é apresentar os resultados da segunda campanha de campo, obtidos no monitoramento de 20 pontos localizados na área de influência do AHE Jirau, amostrados entre os dias 08 e 13 de janeiro de 2010, na fase de enchente do rio Madeira. Além disso, os dados foram comparados com aqueles obtidos na campanha de campo realizada entre os dias 28 de setembro e 10 de outubro de 2009, com o objetivo de quantificar o efeito da variabilidade do regime de

chuvas sobre as características limnológicas e sobre as comunidades biológicas analisadas.

## **2. Objetivos**

O objetivo do Programa de Monitoramento Limnológico na área de influência do AHE Jirau é caracterizar as águas do rio Madeira e seus principais afluentes e acompanhar as alterações limnológicas que ocorrerão com a formação do reservatório.

Os objetivos específicos consistem em, primeiro lugar, realizar uma caracterização limnológica de 20 pontos de monitoramento, distribuídos na área de influência do empreendimento, durante as fases de implantação, enchimento e operação do mesmo.

Esse programa de monitoramento também tem como objetivo avaliar a adequação dos trechos estudados em relação aos padrões de qualidade de água previstos na Resolução CONAMA nº 357, de março de 2005, para águas de Classe II. Os trechos monitorados também serão classificados de acordo com índices de estado trófico.

Essas informações serão utilizadas para: (i) subsidiar a gestão da qualidade da água do futuro reservatório e a adoção de medidas mitigadoras, se estas forem necessárias; (ii) fornecer dados que serão utilizados por outros programas de monitoramento (Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas, Programa de Conservação da Ictiofauna, Programa de Conservação da Fauna Silvestre, Programa de Saúde Pública, Programa de Comunicação Social e Programa de Educação Ambiental).

## **3. Metodologia**

### ***3.1. Área de Estudo***

O Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Jirau localiza-se em um trecho do rio Madeira, situado no município de Porto Velho, Estado de Rondônia. O AHE Jirau terá uma capacidade instalada de 3.450 MW e operará com nível d'água variável no reservatório. A área do reservatório, nas condições de cheia (cota 90m), será de aproximadamente 361,60 km<sup>2</sup>.

Nesta primeira fase de implementação do programa, na qual o empreendimento encontra-se em construção, foram selecionadas 20 estações de coleta, distribuídas ao

longo da área de influência do AHE Jirau (**Tabela 1, Anexo I e II**). A seleção das estações de coleta de dados limnológicos foi baseada no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e em uma avaliação de campo, estando distribuídas da seguinte forma, conforme descrito no Programa de Monitoramento Limnológico constante do Projeto Básico Ambiental (PBA) do empreendimento:

- i. 01 (uma) estação de monitoramento em um dos rios formadores do Madeira, sendo escolhido o rio Mamoré (P1) por estar em território nacional;
- ii. 06 (seis) estações de monitoramento no rio Madeira, sendo 05 (cinco) localizadas a montante do eixo (P2, P6, P9, P14 e P18) e 01 (uma) estação a jusante do empreendimento (P19);
- iii. 12 (doze) estações de monitoramento nos tributários das 02 (duas) margens do rio Madeira (P3, P4, P5, P7, P8, P10, P11, P12, P15, P16, P17 e P20);
- iv. 01 (uma) estação de monitoramento na área alagada do rio Mutum-Paraná (P13).

Ressalta-se que o ponto 19 (MAD 6) não estava previsto no PBA, sendo inserido posteriormente tendo em vista a mudança no eixo da barragem do AHE Jirau. Assim, o local de coleta que seria a jusante da barragem (MAD 5) se tornou o ponto a montante desta, havendo então, a necessidade de inserir um novo ponto a jusante da futura barragem (P19 – MAD 6), que não estava previsto no PBA. Além disso, durante a fase de implantação do reservatório, somente um ponto de coleta foi estabelecido na área alagada do rio Mutum (MUT 1). A segunda estação de coleta, prevista no PBA, nesta área (MUT 2) foi alterada para a foz do rio Mutum-Paraná (P20- MTP 2), tendo em vista que sua localização anteriormente estava autocorrelacionada com o MUT 1, ou seja, ambas estavam muito próximas.

**Tabela 1.** Estações de Monitoramento Limnológico.

Estações	Descrição	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
P1-MAM	Rio Mamoré	10°23'18.20"	65°24'03.80"	8850608	0237050
P2-MAD 1	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 10	10°19'38.30"	65°21'54.30"	8857396	0240941
P3-RIB	Igarapé Ribeirão	10°13'58.20"	65°16'57.30"	8867914	0249906
P4-ARA	Igarapé Araras	10°00'51.20"	65°18'53.50"	8892078	0246196
P5-ABU	Rio Abunã	09°40'38.30"	65°26'27.70"	8929260	0232086
P6-MAD 2	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 20	09°37'51.10"	65°26'09.70"	8934406	0232598
P7-SIZ 1	Igarapé Simãozinho 1	09°36'36.30"	65°24'04.80"	8936732	0236392
P8-SIM 1	Igarapé São Simão 1	09°30'35.90"	65°17'54.40"	8947886	0247617
P9-MAD 3	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 30	09°36'11.20"	65°07'24.10"	8937702	0266912
P10-CAS 1	Igarapé Castanho 1	09°36'10.70"	65°07'46.60"	8937716	0266224
P11-MTP 1	Rio Mutum-Paraná 1	09°40'45.70"	64°58'42.00"	8929364	0282882
P12-COT 1	Rio Cotia 1	09°40'47.10"	64°58'54.00"	8929318	0282517
P13-MUT 1	Área alagada de Mutum 1	09°37'00.90"	64°56'25.40"	8936294	0287008
P14-MAD 4	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 40	09°35'25.50"	64°54'04.30"	8939250	0291294
P15-LOU 1	Igarapé São Lourenço 1	09°21'50.70"	64°50'48.50"	8964318	0297131
P16-CAI 1	Igarapé Caiçara 1	09°24'04.20"	64°49'35.30"	8960228	0299388
P17-JIR 1	Igarapé Jirau 1	09°22'35.90"	64°44'50.00"	8962986	0308080
P18-MAD 5	Rio Madeira, próximo ao antigo Mad 50	09°17'01.40"	64°40'23.80"	8973348	0316203
P19-MAD 6	Rio Madeira (bóia)	09°11'53.80"	64°36'49.90"	8982784	0322731
P20-MTP 2	Foz do rio Mutum-Paraná	09°36'16.30"	64°55'03.20"	8937680	0289508

### ***3.2. Coleta e Análise das Amostras***

#### ***Parâmetros Físicos e Químicos***

Em campo, foram obtidos os valores de temperatura do ar (termômetro), pH, potencial de óxido-redução, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, temperatura da água (utilizando uma sonda YSI 556) e velocidade da água (marca JDC Eletronic, modelo Flowatch FL-K2, digital). A transparência da coluna d'água foi mensurada através do disco de Secchi. As amostras de água foram coletadas abaixo da superfície (aproximadamente 20 cm) com frascos de polietileno e acondicionadas em caixas de isopor com gelo. A turbidez foi obtida através de um turbidímetro digital Hach.

A profundidade do disco de Secchi também foi utilizada para estimar a extensão da zona eufótica. A porção iluminada da coluna da água é denominada zona eufótica, e sua extensão depende, principalmente, da capacidade do meio em atenuar a radiação subaquática. O limite inferior da zona eufótica é geralmente assumido como sendo aquela profundidade onde a intensidade da radiação correspondente a 1% da que atinge a superfície. Esta profundidade da coluna da água é também chamada de “ponto de compensação”, uma vez que a produção primária líquida é aproximadamente igual à respiração das comunidades (Esteves, 1998; Kalff, 2002). De maneira geral, a extensão da zona eufótica pode ser obtida através da multiplicação da profundidade do disco de Secchi pelo fator teórico 3,0, de acordo com o proposto por Esteves, 1998.

No laboratório localizado no canteiro de obras do AHE Jirau foram determinados os valores de alcalinidade total usando o método baseado na titulação com ácido sulfúrico. Parte das amostras foi filtrada, no mesmo dia da coleta, em membranas Whatman GF/C. As amostras de água filtrada e não filtrada foram preservadas para posterior determinação das formas dissolvidas e totais de nitrogênio e fósforo.

As amostras destinadas à análise laboratorial foram preservadas e encaminhadas para o laboratório de limnologia situado na “Life – Projetos Limnológicos”, em Goiânia para realização das análises. As variáveis limnológicas foram determinadas utilizando os seguintes métodos e equipamentos:

- Carbono orgânico, inorgânico e total: equipamento Shimadzu TOC 5000;
- Cloreto: determinado através do método de cromato de potássio e espectrofotômetro (Método 4500-Cl<sup>-</sup> B, Standard Methods, 2005);

- Clorofila-*a*: extração com acetona (90%) e leitura em espectrofotômetro a 663 nm, aplicando-se correção para outros compostos dissolvidos e turbidez, resultante da leitura a 750 nm (GOLTERMAN *et al.*, 1978);
- Coliformes totais e termotolerantes: método dos tubos múltiplos, realizado imediatamente após a coleta no laboratório base localizado no canteiro de obras;
- Cor: espectrofotômetro (Método 2120, Standard Methods, 2005);
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>): consumo de oxigênio nas amostras durante uma incubação de 05 (cinco) dias, a uma temperatura constante de 20°C (Método 5210, Standard Methods, 2005);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO): oxidação da matéria orgânica por uma mistura em ebulição de ácido crômico e ácido sulfúrico (bicromato de potássio em meio ácido) (Método 5220, Standard Methods, 2005);
- Dióxido de carbono: determinado através dos valores de alcalinidade e pH (Método 4500-CO<sub>2</sub>-D, Standard Methods, 2005);
- Dureza: titulometria/EDTA (Método 2340C, Standard Methods, 2005);
- Ferro total: método da ortofenotrolina (Método 3500, Standard Methods, 2005);
- Fósforo total: determinado diretamente nas amostras não filtradas, sendo quantificado após a adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro (882 nm);
- Orto-fosfato (fosfato inorgânico reativo): determinado diretamente nas amostras filtradas, sendo quantificado após a adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro (882 nm);
- Nitrato: método de redução do cádmion e leitura em espectrofotômetro a 400 nm (Método 4500-NO<sub>3</sub>-E, Standard Methods, 2005);
- Nitrito: método colorimétrico onde o nitrito reage com o ácido sulfanílico, formando um composto que é determinado em espectrofotômetro a 507 nm (Método 4500-NO<sub>2</sub>-B, Standard Methods, 2005);
- Nitrogênio amoniacal: método fenol, e posterior leitura em espectrofotômetro a 655 nm (Método 4500-NH<sub>3</sub> F, Standard Methods, 2005);
- Nitrogênio total Kjeldahl: quantificado com amostras não filtradas que sofreram digestão em meio ácido e com elevada temperatura. Após a digestão, as

amostras foram destiladas em aparelho Kjeldahl e, posteriormente, o destilado foi titulado com ácido clorídrico 0,01 N (MACKERETH *et al.*, 1978);

- Óleos e graxas: obtenção através de extração com um solvente (Hexano – 5520B, Standard Methods, 2005);
- Sílicato reativo: determinado através do método do ácido oxálico (Método 4500-SiO<sub>2</sub> C, Standard Methods, 2005);
- Sólidos em suspensão totais, fixos e voláteis: estimado por gravimetria, sendo que a separação entre a fração orgânica e inorgânica foi realizada por calcinação a 500°C (WETZEL e LINKENS, 2000).
- Íons sulfato e sulfeto: determinados através de espectrofotometria (Método 4500, Standard Methods, 2005).

### ***Monitoramento Limnológico em Tempo Real***

No presente relatório estão apresentados os resultados de alguns parâmetros limnológicos obtidos entre novembro de 2009 e março de 2010, no sistema de monitoramento em tempo real instalado na estação de medição de nível d'água RS 3 – Lucas, no rio Madeira (**Anexo III**).

O sistema foi desenvolvido com o objetivo de monitorar, automaticamente, 07 (sete) variáveis da qualidade da água na sub-superfície, em cumprimento ao item "b" da condicionante 2.18 da Licença de Instalação n° 621/2009. As seguintes variáveis são medidas: pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos totais dissolvidos e profundidade.

### ***Monitoramento Ambiental de Elementos-Traço***

Os elementos traços arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) foram analisados nos mesmos pontos (**Tabela 1**), em diferentes compartimentos: água superficial, solos (próximo às margens), sedimento de fundo e peixes. As análises foram realizadas pela empresa Venturo Consultoria Ambiental Ltda, também responsável pela implementação do Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico do AHE Jirau.

Os resultados da segunda campanha de campo do Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos-Traço estão apresentados no **Anexo IV**.

### ***Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras***

As coletas foram realizadas em 10 pontos próximos ao canteiro de obras do AHE Jirau. No PBA constam 11 estações de coleta, no entanto, o ponto PL 07 não foi amostrado pois estava localizado na área do recinto 3, que já foi ensecado.

As análises dos parâmetros limnológicos foram realizadas de acordo com os métodos da 20<sup>a</sup> Edição do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” - APHA/ AWWA.

As coletas foram realizadas em 10 pontos próximos ao canteiro de obras do AHE Jirau. As análises dos parâmetros limnológicos foram realizadas de acordo com os métodos da 20<sup>a</sup> Edição do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” - APHA/ AWWA.

**Tabela 2.** Estações de Monitoramento Limnológico do Canteiro de Obras.

<b>Pontos amostrados</b>	<b>Locais</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	
PL 01	Jusante Limite Empreendimento – rio Madeira	8.984.838,88	322.154,37
PL 02	Jusante Barragem – rio Madeira	8.978.704,24	321.691,96
PL 03	Jusante Ilha Pequena – rio Madeira	8.976.423,01	320.304,73
PL 04	Cachoeira Inferno – rio Madeira	8.975.462,00	316.639,01
PL 05	Foz Ribeirão Margem Direita – rio Madeira	8.977.398,23	321.633,14
PL 06	Foz Ribeirão Margem Esquerda – rio Madeira	8.980.051,65	320.875,98
PL 08	1 <sup>a</sup> Etapa Jusante	8.972.212,17	321.007,59
PL 09	2 <sup>a</sup> Etapa Montante	8.973.114,85	321.120,67
PL 10	2 <sup>a</sup> Etapa Jusante	8.977.472,42	321.838,12
PL 11	Jusante 1 <sup>a</sup> Etapa – rio Madeira	8.977.062,90	322.401,23

O o relatório referente ao monitoramento no canteiro de obras, apresentado no **Anexo V**, é de responsabilidade da empresa Aquanálise - Análises de Água e Consultoria.

### **3.3. Índice de Qualidade da Água (IQA)**

Índices de qualidade da água (IQA) são bastante úteis para facilitar a comunicação entre público geral e corpo técnico, para avaliar tendências temporais da qualidade da água e permitir uma comparação entre diferentes cursos d'água. Normalmente, um índice de qualidade de água varia entre 0 (zero) e 100 (cem), sendo que quanto maior o seu valor, melhor é a qualidade da água.

O IQA pode ser determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Coliformes Fecais, Temperatura, pH, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total ([http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice\\_iap\\_iqa.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_iap_iqa.asp)). A seguinte fórmula foi utilizada:

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

onde:

**IQA** = Índice de qualidade da água, variando entre 0 e 100;

**q<sub>i</sub>** = qualidade do parâmetro *i*. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

**w<sub>i</sub>** = peso correspondente ao parâmetro *i* fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

sendo *n* o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A qualidade das águas interiores, indicada pelo IQA em uma escala de 0 a 100, pode ser classificada em categorias narrativas da seguinte forma:

<b>IQA</b>	<b>QUALIDADE</b>
<b>80 – 100</b>	<b>Qualidade Ótima</b>
<b>52 – 79</b>	<b>Qualidade Boa</b>
<b>37 – 51</b>	<b>Qualidade Aceitável</b>
<b>20 – 36</b>	<b>Qualidade Ruim</b>
<b>0 – 19</b>	<b>Qualidade Péssima</b>

No entanto, esse índice deve ser interpretado com cautela tendo em vista que os ponderadores utilizados apresentam a finalidade de classificar os corpos d'água considerando apenas o objetivo principal de abastecimento público. Por exemplo, ecossistemas aquáticos que ocorrem em manguezais (gamboas) podem apresentar “qualidade péssima” para o abastecimento público. No entanto, as características físicas e químicas desses sistemas são plenamente condizentes com a manutenção da sua biodiversidade e o seu funcionamento.

### 3.4. Índice do Estado Trófico (IET)

Uma das formas de avaliar a qualidade das águas superficiais envolve a utilização do Índice do Estado Trófico (IET). Para a área monitorada, o método utilizado para o cálculo do IET foi aquele proposto por Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (2004), baseado na determinação dos parâmetros clorofila-*a* (CL) e fósforo total (P) para ambientes lóticos. Assim, o estado trófico de um ambiente pode ser classificado da seguinte forma:

<b>Estado trófico</b>	<b>Ponderação</b>	<b>P-total (µg/L)</b>	<b>Clorofila-<i>a</i> (µg/L)</b>
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$640 < P$	$7,46 < CL$

### 3.5. Comunidades Biológicas

Simultaneamente às coletas das amostras de água para as análises dos parâmetros físicos e químicos (descritos anteriormente), foram também amostradas as comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas e zoobentônicas. Dessa maneira, é possível verificar quais os principais parâmetros abióticos que influenciam a estrutura das comunidades aquáticas.

#### *Comunidade Fitoplanctônica*

As amostragens da comunidade fitoplanctônica foram realizadas a sub-superfície, utilizando-se frascos de vidro. As amostragens para o estudo quantitativo da comunidade fitoplanctônica foram fixadas com solução de lugol acético e guardadas no escuro até o momento da identificação e contagem dos organismos. Paralelamente, foram realizadas coletas com rede de plâncton de 15 micrômetros de abertura de malha, para auxiliar no estudo qualitativo, sendo estas amostras fixadas com solução de Transeau, segundo Bicudo e Menezes (2006).

O estudo taxonômico e quantitativo do fitoplâncton foi efetuado através de microscópio invertido, com aumento de 400X. A densidade fitoplanctônica foi estimada segundo o método de Utermöhl (1958) com prévia sedimentação da amostra. A densidade fitoplanctônica foi calculada de acordo com APHA (2005) e o resultado foi expresso em indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) por mililitro.

Analisou-se a presença de cianobactérias visando atender a Resolução CONAMA nº 357/2005. Para a contagem do número de células de cianobactérias utilizou-se o retículo de Whipple, normalmente empregado para contagem de Unidade-Padrão de Área (UPA). As colônias intactas foram sobrepostas ao quadrado e contou-se o número de células. O retículo foi calibrado e as contagens foram realizadas utilizando câmaras de Utermöhl ou Sedgwick Rafter.

A biomassa fitoplanctônica foi estimada através do biovolume, multiplicando-se o volume pela densidade de cada táxon. O volume de cada célula foi calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma das células, como esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipses e outros (SUN e LIU, 2003).

### ***Comunidade Zooplanctônica***

As amostras de zooplâncton foram obtidas logo abaixo da superfície utilizando-se uma moto-bomba. Por amostra, 1000 litros de água foram filtrados em uma rede de plâncton de 68 µm de abertura de malha. O material coletado foi acondicionado em frascos de polietileno e fixado em solução de formaldeído a 4%, tamponada com carbonato de cálcio.

Previamente às análises, as amostras de zooplâncton foram coradas com Rosa de Bengala, a fim de aprimorar a visualização dos organismos nas amostras. Em seguida, foram concentradas em um volume conhecido e variável (75 a 600 mL), considerando a quantidade de organismos e, principalmente, a quantidade de material em suspensão na amostra, que dificultou a visualização dos espécimes na mesma.

A composição zooplanctônica foi avaliada utilizando-se lâminas e lamínulas comuns e microscópio óptico. A abundância da comunidade foi estimada através da contagem, em câmaras de Sedgwick-Rafter, de cinco sub-amostras, de 1,5 ml (total de 7,5 ml), obtidas com pipeta do tipo Hensen-Stempel, sendo os resultados de densidade final apresentados em indivíduos por m<sup>3</sup>. Visto que o método de sub-amostragem não é suficiente para fornecer resultados satisfatórios de riqueza de espécies, após as contagens das sub-amostras, procedeu-se uma análise qualitativa das mesmas. Como riqueza de espécies, considerou-se o número de espécies presentes em cada unidade amostral (ponto de amostragem).

A biomassa zooplanctônica, de todos os grupos (amebas testáceas, rotíferos, cladóceros e copépodes), foi estimada através do cálculo do biovolume, a partir da forma geométrica básica de cada espécie. Para tal, diferentes dimensões dos espécimes

de cada espécie (pelo menos 10 indivíduos das espécies mais abundantes) foram tomadas com a utilização de retículos micrometrados, e os cálculos do biovolume baseados nos trabalhos de Rutner-Kolisko (1977) para os rotíferos, Sun e Liu (2003) para as amebas testáceas e Lawrence *et al.* (1987) para cladóceros e copépodes. Embora no Programa de Monitoramento Limnológico previsto no Projeto Básico Ambiental (PBA) seja sugerida a utilização de regressões lineares e, especialmente, a pesagem em balanças micrométricas para estimativa da biomassa de microcrustáceos, o fato das regressões serem restritas a um número reduzido de espécies e a pesagem ser um método extremamente moroso e complicado, esses autores propuseram fórmulas de cálculo que permitem estimativas fidedignas, com resultados muito semelhantes aos obtidos pelo método de pesagem.

Para avaliar a variação espacial das comunidades planctônicas (fitoplâncton e zooplâncton) foi realizada a Análise de Correspondência Destendenciada (“Detrended Correspondence Analysis”- DCA) (JONGMAN e TER BRACK, 1995), utilizando-se os dados de densidade das espécies. Por fim, foi estimado o índice de diversidade ( $H'$ ) e a equitabilidade, como uma medida de quão homogeneamente a densidade é distribuída entre as espécies (SHANNON e WEAVER, 1963).

### ***Comunidade Zoobentônica***

A amostragem qualitativa e quantitativa dos organismos bentônicos foi realizada com uma draga de Petersen em todos os pontos, com exceção do ponto P3 que foi coletado com um amostrador de Surber (utilizado em ambientes com menor profundidades e que apresentam substrato formado por pedra e/ou cascalho, folhiço, gravetos, algas). Considerando as diferenças entre os métodos de coleta e os substratos analisados, as comparações entre os resultados destes pontos monitorados devem ser feitas com cautela.

O material coletado com draga de Petersen foi levado ao laboratório e processado utilizando uma série de peneiras com diferentes aberturas de malhas, para facilitar o processo de triagem. Por outro lado, o material coletado com o amostrador de Surber passou por uma pré-triagem em campo para a separação das pedras, gravetos e folhas maiores. Em seguida foi acondicionado em frascos plásticos e fixado com álcool 80%. A análise desse material (triagem, identificação e contagem dos táxons encontrados) foi feita com estereomicroscópio. Foram utilizadas as seguintes referências bibliográficas para auxílio nas identificações dos táxons: Edmunds Jr. *et al.* (1979),

Merrit e Cummins (1996), Peckarsky *et al.* (1990), Rosemberg e Resh, (1996) e Wiggins (1977).

Os dados foram tabulados e utilizados para o cálculo da abundância média e frequência de cada táxon, abundância total, índice de diversidade de Shannon (H'), equitabilidade (J) (MAGURRAN, 1988) e riqueza taxonômica para cada ponto.

### **3.6. Comunidades Biológicas Associadas com a Madeira - Ecologia da Madeira**

Amostras de material lenhoso flutuante no rio Madeira foram coletadas para conhecimento da comunidade perifítica e zoobentônica. Foram coletados aleatoriamente 03 (três) troncos e coletadas 03 (três) amostras com réplicas em cada um dos troncos, para dar robustez às análises estatísticas (**Tabela 2**).

#### **3.6.1. Comunidade Perifítica**

O material perifítico foi raspado com auxílio de lâmina de aço inoxidável e água destilada e fixado com solução de lugol acético a 5% (BICUDO e MENEZES, 2006). O estudo taxonômico e quantitativo das algas perifíticas foi efetuado utilizando-se microscópio invertido sob um aumento de 400X. Realizado sob um volume conhecido por meio de câmaras de sedimentação de 2,44 ml, as algas perifíticas foram enumeradas segundo método de Utermöhl (1958) e por meio de campos aleatórios, conforme recomendado por Bicudo (1990). Os resultados obtidos foram expressos em termos de organismos por área do substrato, segundo a equação de Ros (1979).

A análise da estrutura da comunidade de algas perifíticas foi efetuada utilizando a riqueza (expressa como o número de táxons), a densidade (expressa como número de indivíduos por cm<sup>2</sup>), a equitabilidade e a diversidade da comunidade (índice de diversidade de Shannon) (SHANNON e WEAVER, 1963). Foram verificadas as espécies abundantes e dominantes segundo critério de Lobo e Leighton (1986). O índice de diversidade e a análise de correspondência foram efetuados utilizando-se o programa PCord (MCCUNE e MEFFORD, 1999).

#### **3.6.2. Comunidade Zoobentônica**

Para amostragem qualitativa da comunidade bentônica, as amostras dos troncos foram lavadas, e foi realizada uma triagem para retirada dos indivíduos da comunidade que não se desprenderam do substrato. Os táxons retirados da madeira e da lavagem

foram passados por uma peneira para retirada do excesso de água e acondicionados em frasco plástico, com álcool 70%. A identificação foi realizada sob microscópio estereoscópico. Foram feitos o cálculo de abundância total (nº de indivíduos/ponto) e da riqueza dos táxons por ponto.

**Tabela 2.** Localização dos troncos amostrados em janeiro de 2010 para a análise das comunidades perifítica e zoobentônica.

Troncos	Local	Coordenadas UTM	
Tronco 1	Rio Madeira (próximo ao P14)	S 09°35'25,5"	W 064°54'04,3"
Tronco 2	Rio Madeira (próximo ao P18)	S 09° 21' 17,0"	W 064° 43' 55,1"
Tronco 3	Rio Madeira (próximo ao P18)	S 09°16'59,9"	W 064°40'22,2"

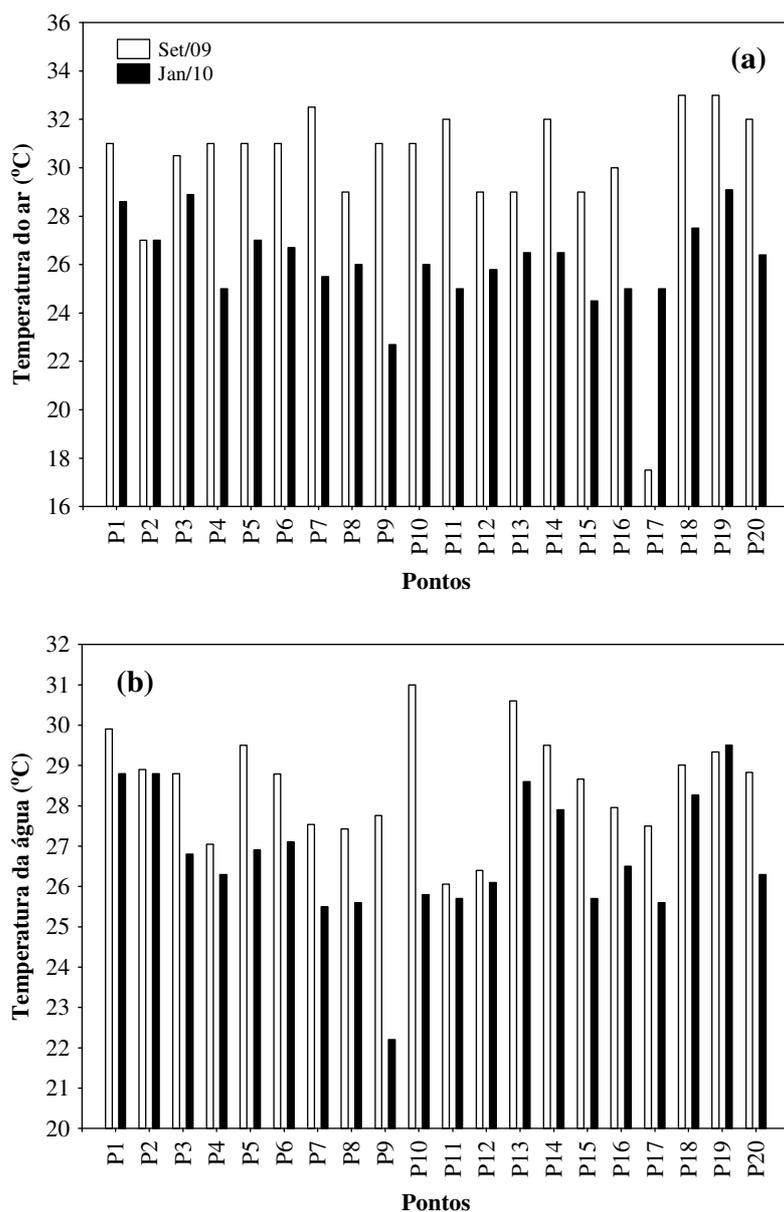
## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Variáveis Abióticas

#### 4.1.1. Temperatura do Ar e da Água

Em janeiro de 2010, a temperatura do ar variou entre 22,7°C e 29,1°C (média igual a 26,2°C), enquanto que os valores da temperatura da água variaram entre 22,2°C e 29,5°C (média igual a 26,7°C) (**Figura 1**).

Considerando os 02 (dois) meses de monitoramento (setembro de 2009 e janeiro de 2010), em média, os menores valores de temperatura do ar e da água ( $P < 0,05$ ) foram encontrados em janeiro de 2010 de acordo com um teste  $t$  para amostras pareadas. Esses resultados demonstram a influência das condições meteorológicas regionais sobre essa importante variável física que controla, por exemplo, a dinâmica de gases e o processo de decomposição nos ecossistemas aquáticos.



**Figura 1.** Valores de temperatura do ar (a) e temperatura da água (b) mensurados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

#### 4.1.2. Concentração de Oxigênio e Velocidade de Corrente

O teor de oxigênio dissolvido obtido em um determinado momento quantifica o balanço entre a produção fotossintética - suprimento atmosférico e o consumo ocasionado por processos metabólicos (KALFF, 2002). Dentro do escopo da avaliação da qualidade da água, é suficiente destacar que elevadas cargas de matéria orgânica podem reduzir rapidamente os teores desse gás, essencial à vida aquática.

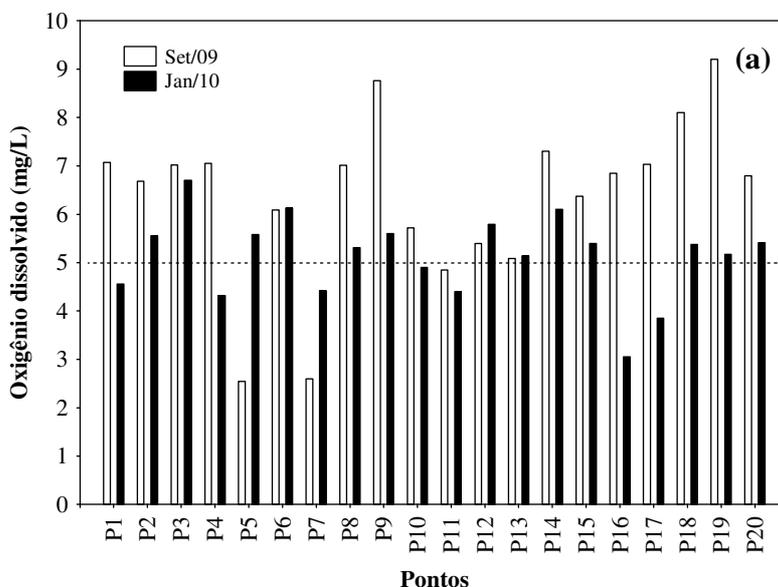
Em janeiro de 2010, as concentrações de oxigênio dissolvido variaram entre 3,05 mg/L (ponto P16, localizado no igarapé Caiçara) e 6,7 mg/L (ponto P3, situado no igarapé Ribeirão) (**Figura 2a**). Nesse mês, vários pontos de monitoramento (P1, P4, P7,

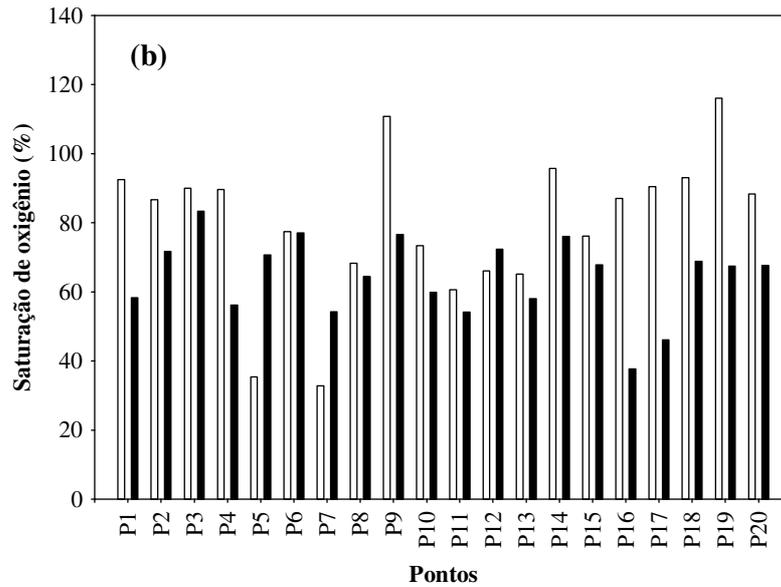
P10, P11, P16 e P17) apresentaram concentrações de oxigênio menores que o limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas da classe 2 (5,0 mg/L). Uma redução significativa ( $t = 3,03$ ;  $P = 0,006$ ) das concentrações desse gás foi detectada entre setembro de 2009 (6,38 mg/L) e janeiro de 2010 (5,14 mg/L). Padrão similar de variação foi obtido considerando a porcentagem de saturação de oxigênio (**Figura 2b**).

Considerando os 02 (dois) meses de coleta, foi possível observar que as maiores concentrações de oxigênio foram detectadas nos pontos localizados no rio Madeira (média igual a 6,55 mg/L no rio Madeira e 5,33 mg/L nos tributários). A maior turbulência no rio Madeira, quando comparado com os demais pontos monitorados, é um fator que pode explicar essas diferenças e que será avaliado com a continuidade do monitoramento.

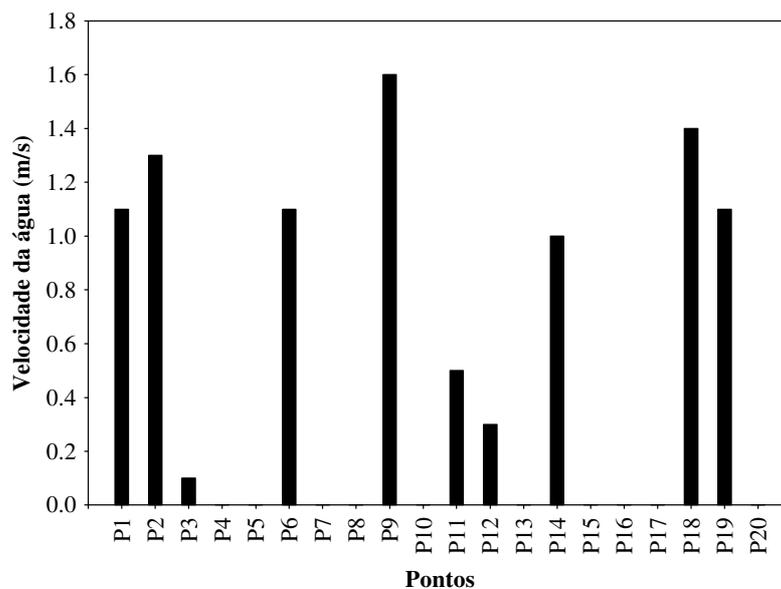
De fato, os maiores valores de velocidade da água foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira (**Figura 3**). Em alguns tributários não foi possível determinar a velocidade da correnteza, tendo em vista o pequeno fluxo de água no local.

A influência da cobertura vegetal em ambientes de menor porte, reduzindo a entrada de radiação fotossinteticamente ativa e a produção primária, também pode ser um fator explicativo das diferenças entre as concentrações de oxigênio encontradas no rio Madeira e nos tributários.





**Figura 2.** Concentrações de oxigênio dissolvido (a) e saturação de oxigênio (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.



**Figura 3.** Velocidade da água registrada nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010. Essa variável não foi mensurada em setembro de 2009 tendo em vista o atraso na entrega do aparelho (justificativa apresentada no relatório referente a setembro de 2009).

#### 4.1.3. Variáveis Indicadoras de Luminosidade Subaquática

A turbidez da água é causada pela matéria inorgânica e orgânica suspensa, como por exemplo, argila, silte, partículas de carbonato, matéria orgânica particulada fina, plâncton e outros organismos microscópicos (WETZEL e LIKENS, 2000) e indica a capacidade da água em dispersar a radiação luminosa. Esse indicador de qualidade da água é expresso, na maioria dos casos, como unidades de turbidez nefelométrica (NTU

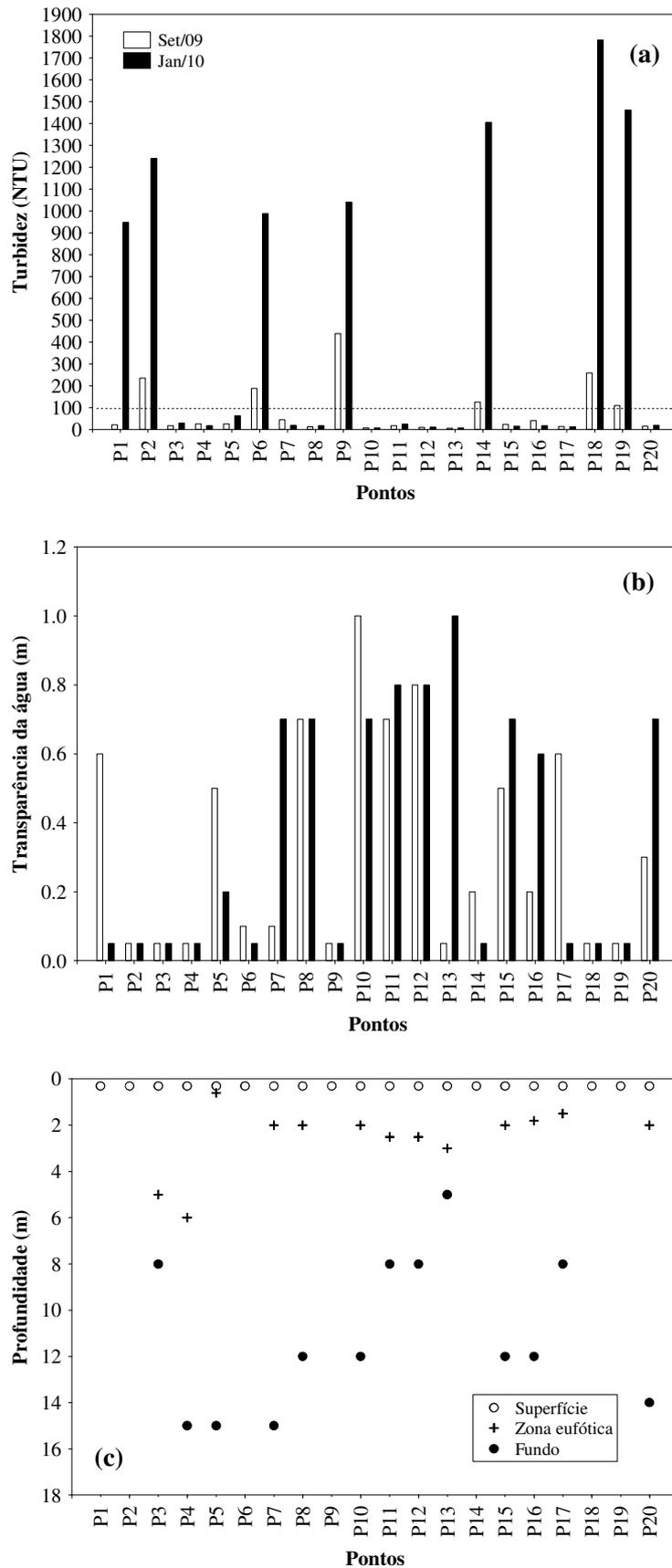
= “Nephelometric Turbidity Units”). O aumento da turbidez da água pode comprometer, direta ou diretamente, os múltiplos usos de um ecossistema aquático. Minimamente, o aumento da turbidez decorrente de ações antrópicas pode diminuir o valor estético de um corpo d'água e pode aumentar os custos do tratamento da água para fins de abastecimento público, uma vez que esta deve ser virtualmente eliminada para a desinfecção efetiva. O material particulado também pode fornecer sítios de fixação de metais pesados (e.g. cádmio, chumbo e mercúrio) e pesticidas.

Entre setembro de 2009 (média igual a 81,41 NTU) e janeiro de 2010 (média igual a 455,9 NTU) houve um aumento significativo nos valores de turbidez ( $t=3,01$ ;  $P=0,007$ ). De maneira geral, os resultados variaram entre 6,43 NTU (ponto P10, localizado no igarapé Castanho) e 1782 NTU (ponto P18, situado no rio Madeira) (**Figura 4a**).

Em janeiro de 2010, assim como o observado em setembro de 2009, todos os pontos localizados no rio Madeira (pontos P2, P6, P9, P14, P18 e P19) apresentaram valores de turbidez superiores ao limite indicado na Resolução CONAMA nº 357/2005 (100 NTU). O ponto P1, situado no rio Mamoré, também apresentou valor de turbidez superior ao estabelecido na referida resolução em janeiro de 2010.

Naturalmente, ambientes de água branca apresentam elevadas cargas de materiais que aumentam a turbidez da água (SIOLI, 1984). O aumento significativo nos valores de turbidez e nas concentrações de material em suspensão na água, principalmente nos pontos localizados no rio Madeira e no rio Mamoré, é resultado do aumento da precipitação pluviométrica e das taxas de escoamento superficial neste período.

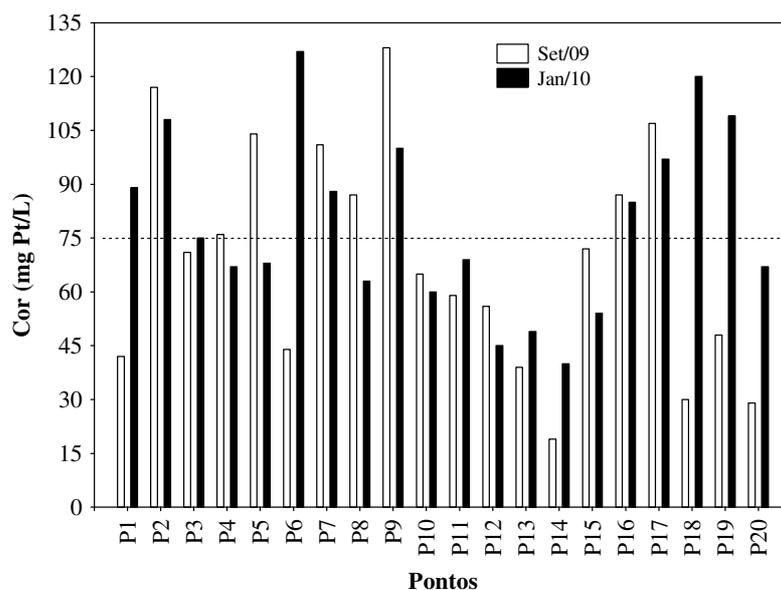
Os valores de transparência da água registrados em janeiro de 2010 foram consistentes com os elevados valores de turbidez no rio Madeira, tendo em vista que em muitos dos pontos monitorados nesse rio os valores de transparência (disco de Secchi) foram inferiores a 10 cm (**Figura 4b**). O maior valor de transparência (1,0 m) foi mensurado no ponto P13, situado na área alagada do rio Mutum-Paraná. De maneira similar, as pequenas profundidades do limite da zona eufótica indicaram a baixa transparência da água no trecho monitorado (**Figura 4c**). Além disso, no trecho monitorado do rio Madeira, a profundidade do disco de Secchi foi sempre inferior a 10 cm, impossibilitando o cálculo do limite da zona eufótica.



**Figura 4.** Valores de turbidez (a), transparência da água (b) e profundidades da zona eufótica, registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

Os valores de cor mensurados em janeiro de 2010 (média igual a 79 mg Pt/L) também foram maiores do que aqueles registrados em setembro de 2009 (média igual a 69,05 mg Pt/L) (**Figura 5**).

Em janeiro de 2010, tais valores variaram entre 40 mg Pt/L (ponto P14, localizado no rio Madeira) e 127 mg Pt/L (ponto P6, também situado no rio Madeira) (Figura 5). Os pontos P1, P2, P6, P7, P9, P16, P17, P18 e P19 apresentaram valores de cor superiores ao limite indicado pela Resolução CONAMA no 357/2005 (75 mg Pt/L).

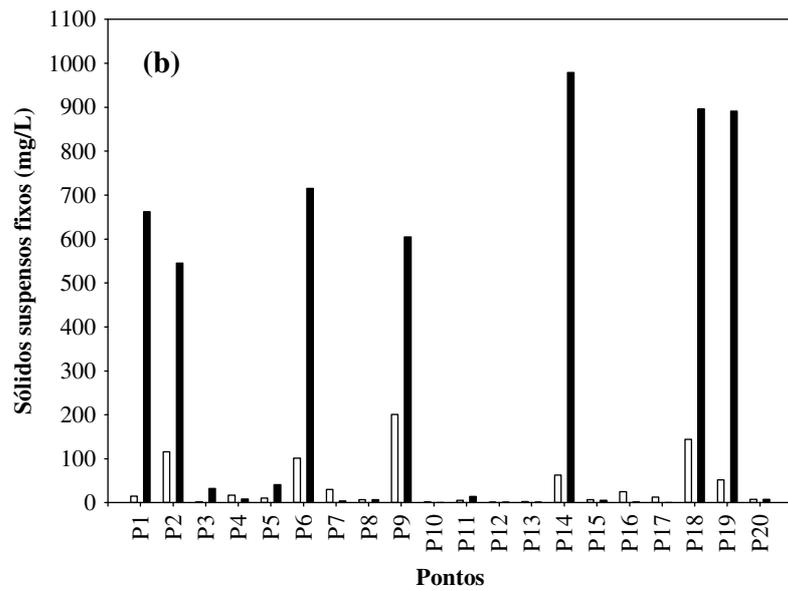
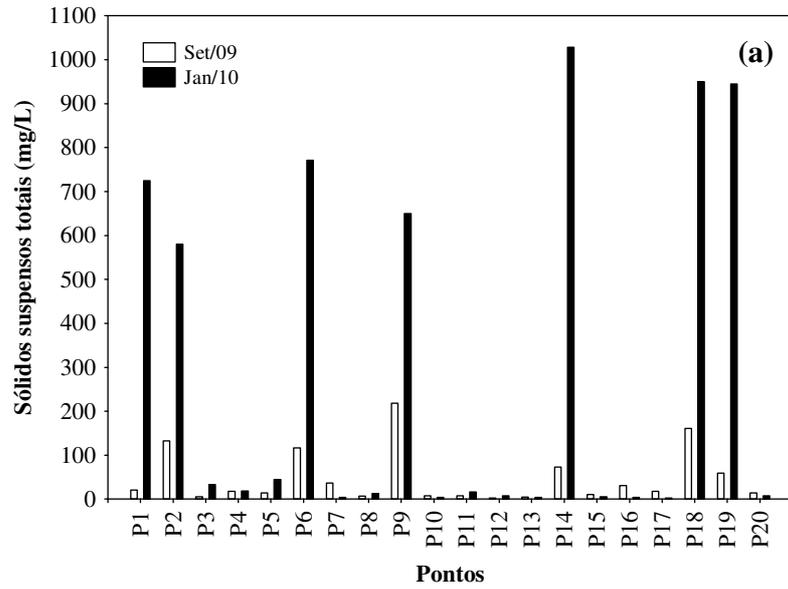


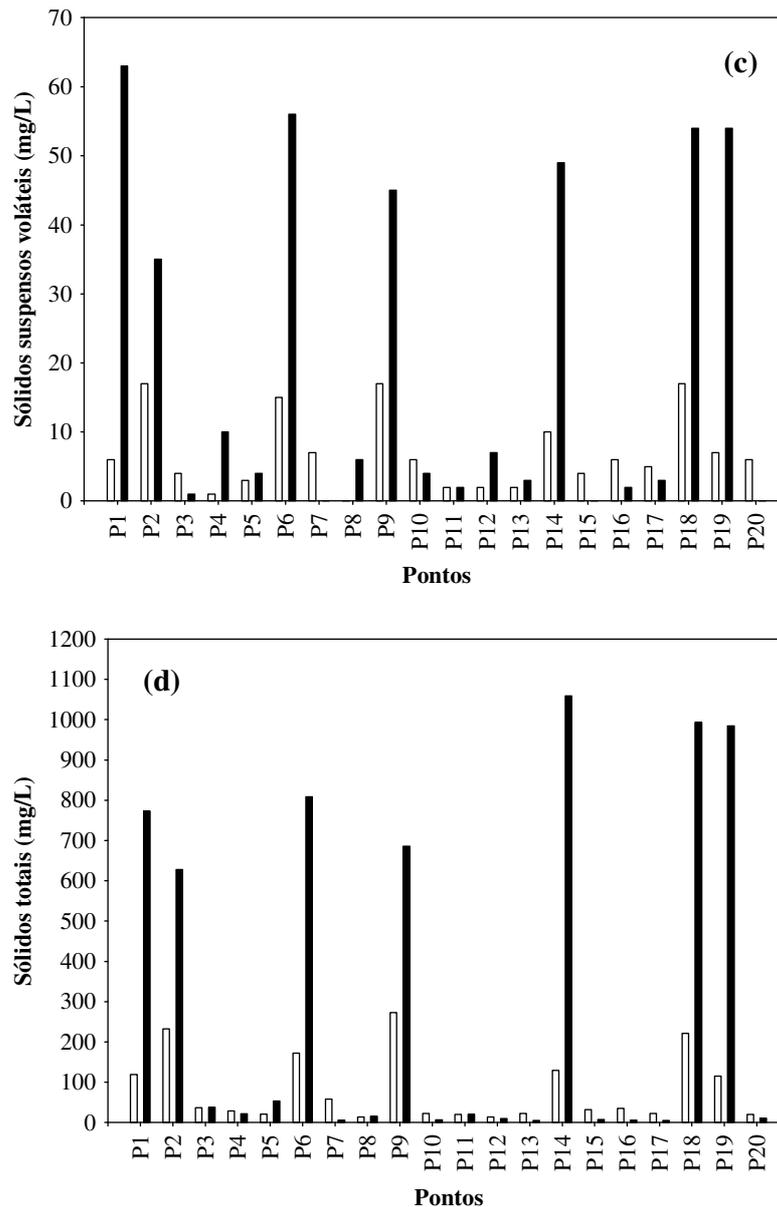
**Figura 5.** Valores de cor verdadeira registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

Assim como observado para os valores de turbidez, em janeiro de 2010, houve um aumento significativo ( $P < 0,05$ ) das concentrações de sólidos suspensos totais (valores médios iguais a 48,1 mg/L, em setembro de 2009, e 290,8 mg/L, em janeiro de 2010) (**Figura 6a**). Em ambos os meses de coleta, a maior fração de material em suspensão foi de origem inorgânica (**Figura 6b e 6c**). Os maiores teores de sólidos suspensos (totais, fixos e voláteis) e sólidos totais também foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira (**Figuras 6a, 6b, 6c e 6d**).

Em geral, os resultados apresentados acima demonstram a forte influência do regime de precipitação (maior em janeiro de 2010) e do consequente aumento das taxas de escoamento superficial sobre as variáveis indicadoras da luminosidade subaquática. No entanto, um ponto interessante que deve ser destacado é que os efeitos do aumento das taxas de escoamento superficial, que aumenta as cargas de matéria para os

ecossistemas aquáticos, são conspicuamente detectados somente nos pontos localizados nos rios Mamoré e Madeira.





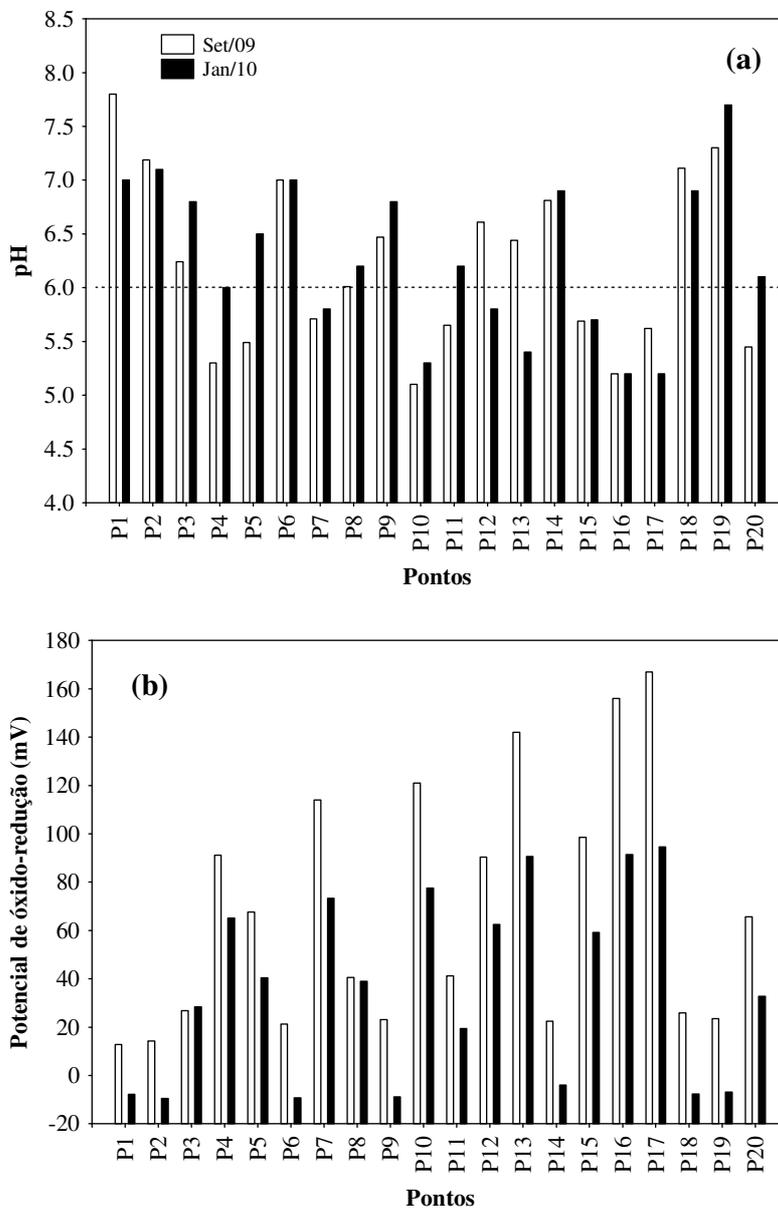
**Figura 6.** Concentração de sólidos suspensos totais (SST) (a); sólidos suspensos fixos (SSF) (b); sólidos suspensos voláteis (SSV) (c) e sólidos totais (d).

#### 4.1.4. pH, Condutividade elétrica, Alcalinidade, Dureza e Carbono

Os valores do pH registrados em janeiro de 2010 variaram entre 5,2 e 7,7, sendo similares àqueles registrados em setembro de 2009 (**Figura 7a**). Como esperado, as águas dos tributários foram significativamente mais ácidas que aquelas dos rios Mamoré e Madeira. Valores de pH inferiores ao limite mínimo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (6,0-9,0) foram mensurados nos pontos P7, P10, P12, P13, P15, P16 e P17, todos localizados nos tributários do rio Madeira (**Figura 7a**). No entanto, é importante destacar que ambientes de águas pretas são naturalmente ácidos, devido à

elevada concentração de compostos húmicos e, portanto, é necessário cautela em interpretar esses resultados como problemas de qualidade da água.

Em média, os valores do potencial de óxido-redução foram iguais a 36,04 mV (**Figura 7b**), indicando a predominância de processos de oxidação no trecho estudado.



**Figura 7.** Valores de pH (a) e potencial de óxido-redução (POR) (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

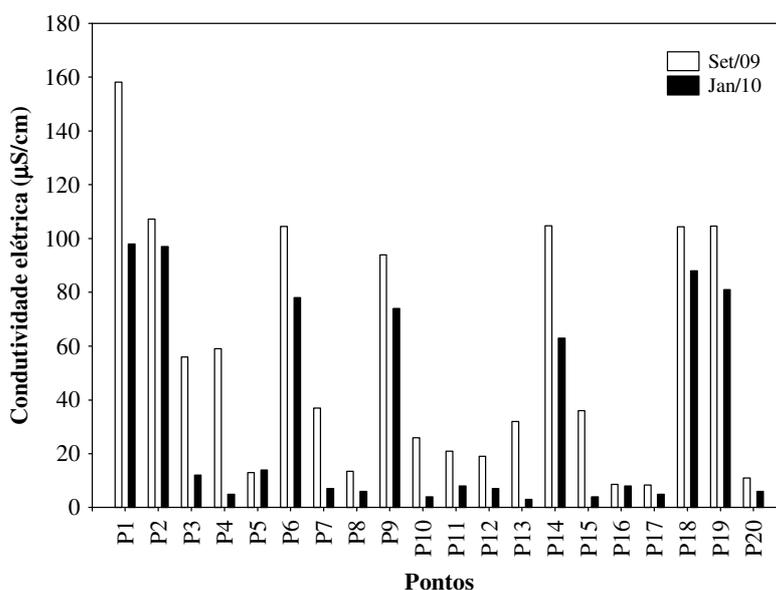
A condutividade elétrica indica a capacidade de condução da corrente elétrica de uma solução, sendo esta dependente da concentração de íons na água. Diversos trabalhos demonstram, a despeito da facilidade de mensuração, que essa medida pode fornecer importantes informações sobre os processos que ocorrem nos ecossistemas

aquáticos e em suas bacias de drenagem (e.g. produção primária, decomposição, eutrofização e salinização; ESTEVES, 1998; CHAPMAN, 1996).

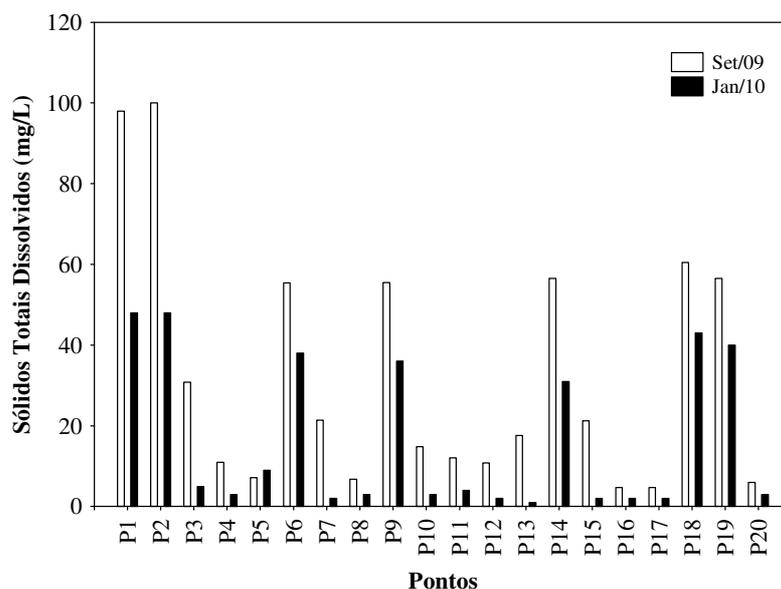
Em janeiro de 2010, a concentração iônica variou de 3,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ponto P13, localizado na área alagada do Mutum) a 98,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ponto P1, situado no rio Mamoré) (**Figura 8**). De maneira geral, os valores de condutividade elétrica foram menores no mês de janeiro de 2010 (média igual a 33,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), quando comparados com aqueles registrados em setembro de 2009 (média igual a 55,89  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Além disso, como esperado, os menores valores de condutividade elétrica foram mensurados nos tributários que, em geral, apresentam águas pretas e pobres em íons.

De maneira similar, houve redução nas concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) mensuradas em janeiro de 2010 (valores médios iguais a 32,6 mg/L em setembro de 2009 e 16,25 mg/L em janeiro de 2010) (**Figura 9**). Em janeiro, tais concentrações variaram entre 1,0 mg/L e 48 mg/L (pontos P1 e P2, localizados nos rios Mamoré e Madeira, respectivamente). Desta forma, em ambos os meses de coleta, todos os locais apresentaram concentrações de STD inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (500 mg/L) (**Figura 9**). Esses resultados demonstram que essa resolução é pouco restritiva considerando a variabilidade natural encontrada para essa variável na região monitorada.

Além disso, como esperado, uma forte relação entre os valores de condutividade elétrica e STD foi detectada (coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) = 0,99;  $P$  <0,001), indicando que os locais com maiores concentrações iônicas apresentam também as maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos.



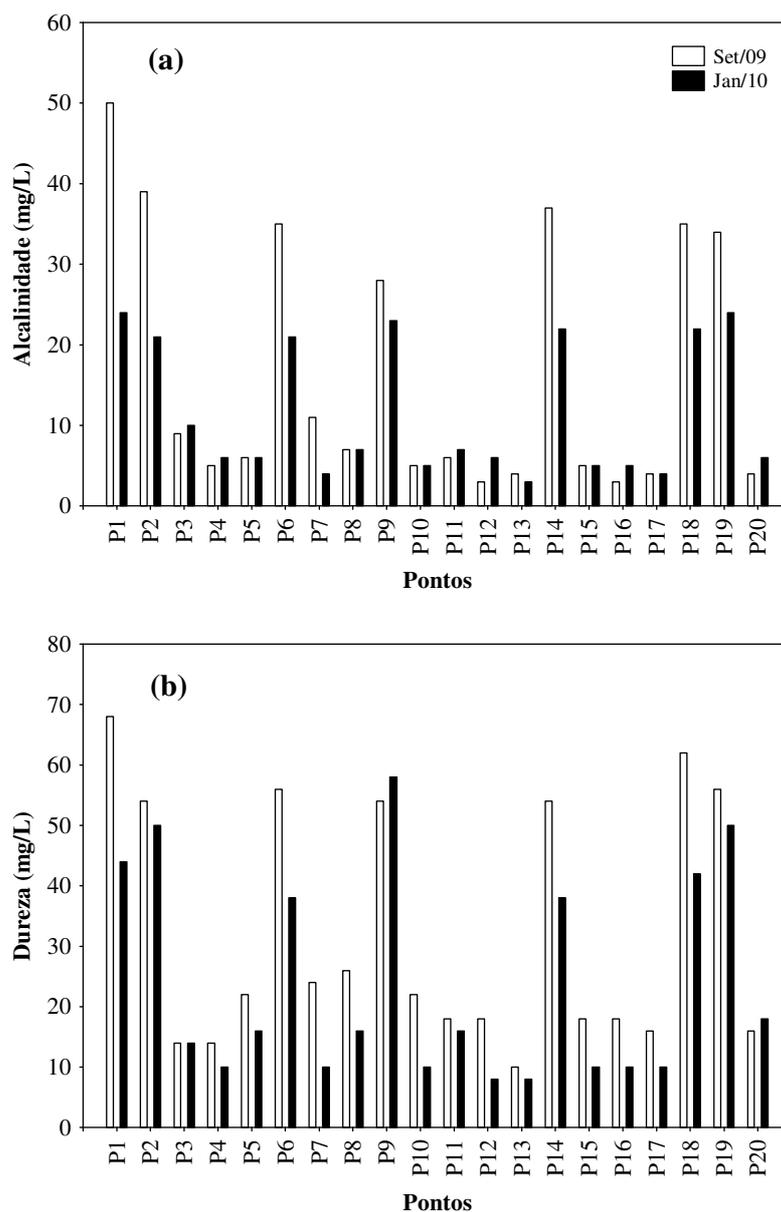
**Figura 8.** Valores de condutividade elétrica registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.



**Figura 9.** Concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

A alcalinidade representa a capacidade de neutralização de ácidos e está associada com a disponibilidade de carbonatos (ESTEVEZ, 1998). A dureza da água, por sua vez, depende basicamente da concentração de sais de cálcio e magnésio dissolvidos. Estes íons normalmente ocorrem sob a forma de carbonatos e bicarbonatos e são importantes também para a condutividade, pH e alcalinidade. Águas com teores destes sais inferiores a 125 mg/L são classificadas como moles; de 125 a 230 mg/L, como médias ou ligeiramente duras e de 230 a 450 mg/L como duras. No entanto, esta classificação é importante somente para fins de tratamento de água (BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

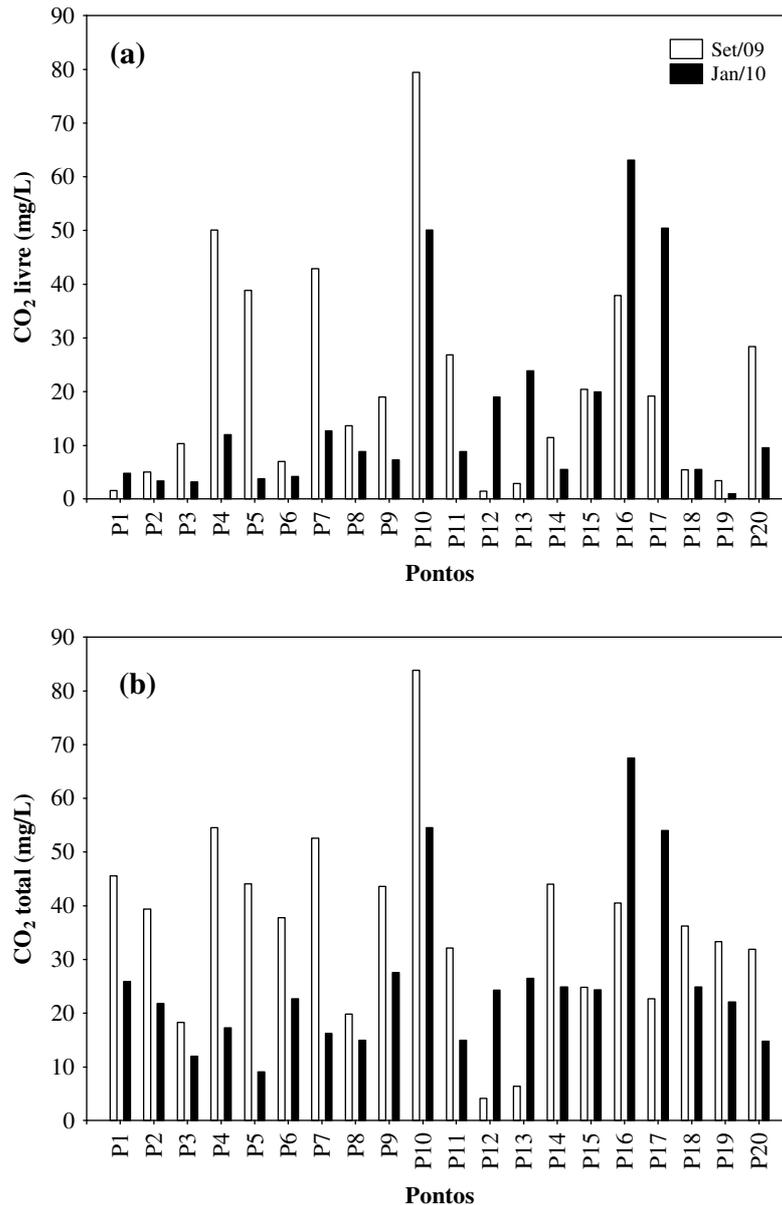
Em geral, os maiores valores das 02 (duas) variáveis (alcalinidade e dureza) foram registrados nos pontos localizados no rio Madeira (**Figura 10**). Assim, provavelmente, esses pontos apresentaram as maiores concentrações de íons carbonato e bicarbonato.



**Figura 10.** Valores de alcalinidade (a) e dureza (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

As variações das concentrações de  $\text{CO}_2$  resultantes das atividades de fotossíntese e respiração podem ser avaliadas a partir das variações de  $\text{CO}_2$  dissolvido e de  $\text{CO}_2$  total, o qual correspondente a soma de todas as formas carbonatadas dissolvidas (CARMOUZE, 1994).

Em janeiro de 2010, as concentrações de gás carbônico livre ( $\text{CO}_2$  livre) variaram entre 0,96 mg/L e 63,1 mg/L (**Figura 11a**), enquanto que as concentrações de  $\text{CO}_2$  total variaram entre 9,07 mg/L e 67,5 mg/L (**Figura 11b**). De maneira geral, houve uma redução significativa nas concentrações de  $\text{CO}_2$  total entre os meses de setembro de 2009 e janeiro de 2010.



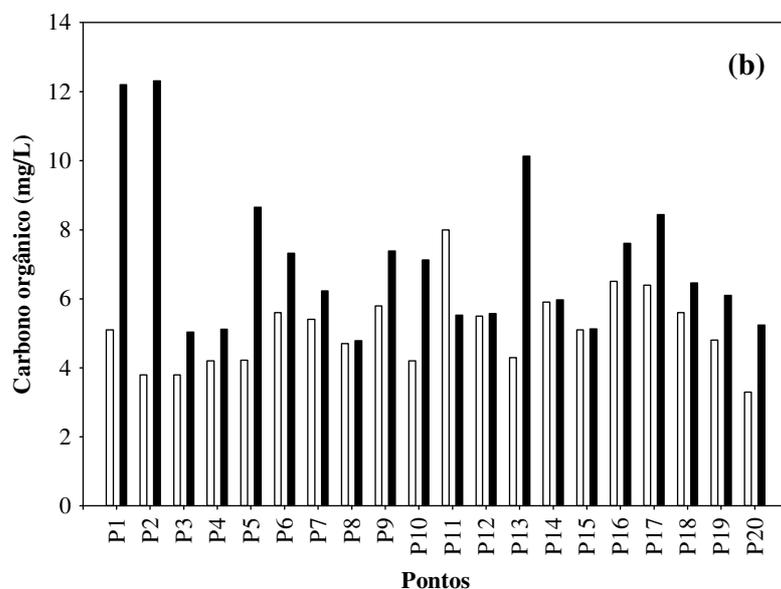
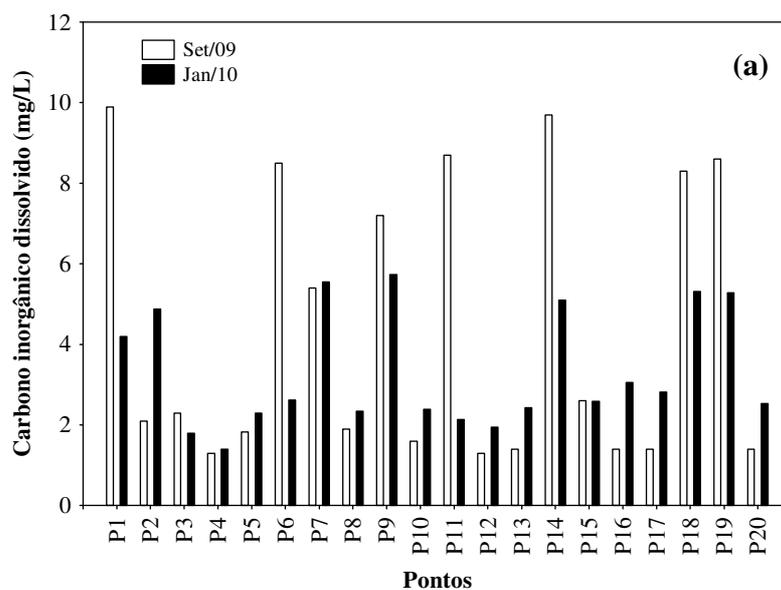
**Figura 11.** Concentrações de CO<sub>2</sub> livre (a) e CO<sub>2</sub> total (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

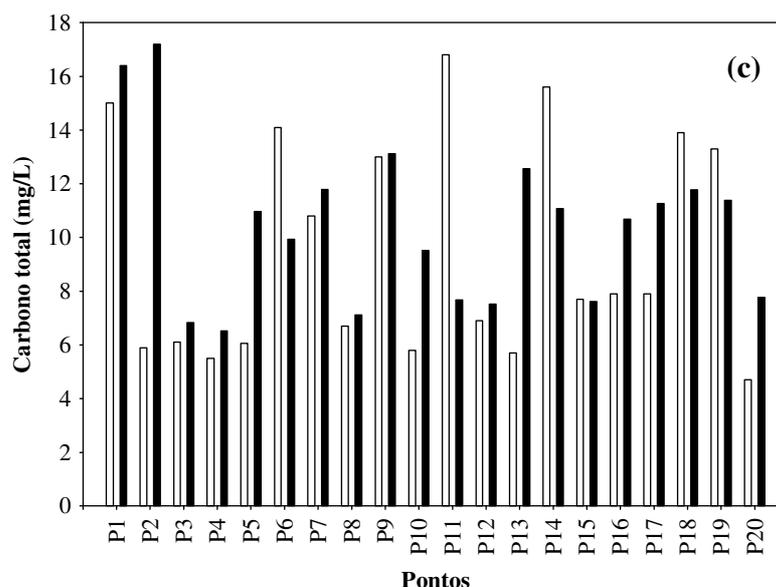
Nos ecossistemas aquáticos, a concentração de carbono pode ser diferenciada em: (i) carbono orgânico total (COT), que inclui a fração particulada (COP - bactérias, tecidos vegetais e animais) e dissolvida (COD - produto originado durante a decomposição de plantas e animais ou a partir da excreção desses organismos, como proteínas, carboidratos e compostos húmicos) e (ii) carbono inorgânico dissolvido (CID - formas dissolvidas do ácido carbônico, como CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

As concentrações de carbono inorgânico dissolvido (CID), em janeiro de 2010, variaram entre 1,4 mg/L (ponto P4, localizado no igarapé Araras) e 5,74 mg/L (ponto

P9, localizado no rio Madeira) (**Figura 12a**). As concentrações de carbono orgânico total (COT), por sua vez, variaram entre 4,79 mg/L (ponto P8, localizado no igarapé São Simão 1) e 12,31 mg/L (ponto P2, situado no rio Madeira) (**Figura 12b**). A maior concentração de carbono total (17,2 mg/L) também foi mensurada no ponto P2, localizado no rio Madeira (**Figura 12c**).

As diferentes formas de carbono analisadas não apresentaram um padrão claro de variação temporal (entre os meses monitorados) ou de variação espacial (e.g., diferenças entre rio Madeira e tributários de menor porte).





**Figura 12.** Concentrações de carbono inorgânico dissolvido (a), carbono orgânico total (b) e carbono total (c) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

#### 4.1.5. Íons Cloreto, Sulfato, Sulfeto e Ferro

Todas as águas naturais, em maior ou menor concentração, contêm íons cloretos resultantes da dissolução de minerais ou de sais e da intrusão de águas salinas no continente. Altas concentrações de cloretos impedem o uso da água para a agricultura e exigem tratamento adequado para usos industriais (dessalinização), bem como causam danos a estruturas metálicas (corrosão) (BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

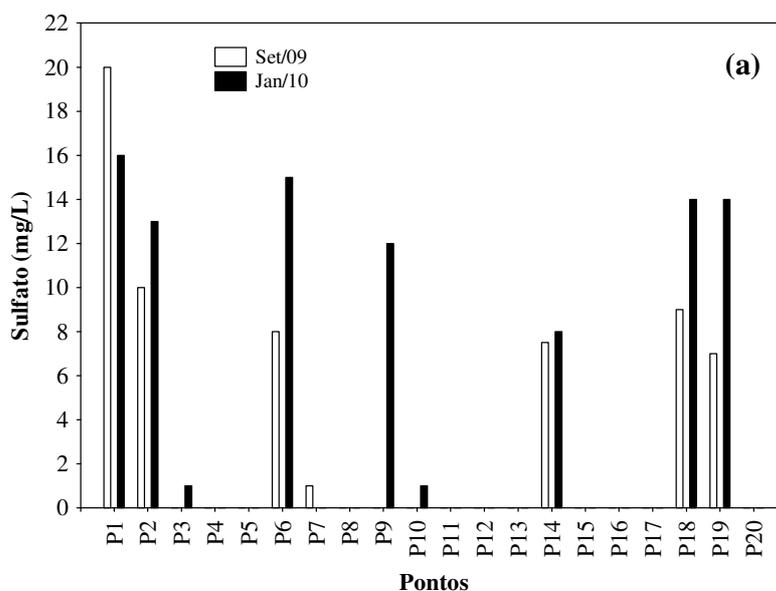
No trecho monitorado do AHE Jirau, em ambos os meses de coleta, as concentrações de cloreto foram inferiores ao limite de detecção do método (< 0,5 mg/L) em todos os pontos amostrados. Portanto, todos apresentaram concentrações de cloreto inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (250 mg/L). Novamente, essa resolução pode ser classificada como pouco restritiva considerando a amplitude de variação que é naturalmente observada não somente nos sistemas em estudo, mas também em diversas outras regiões do Brasil.

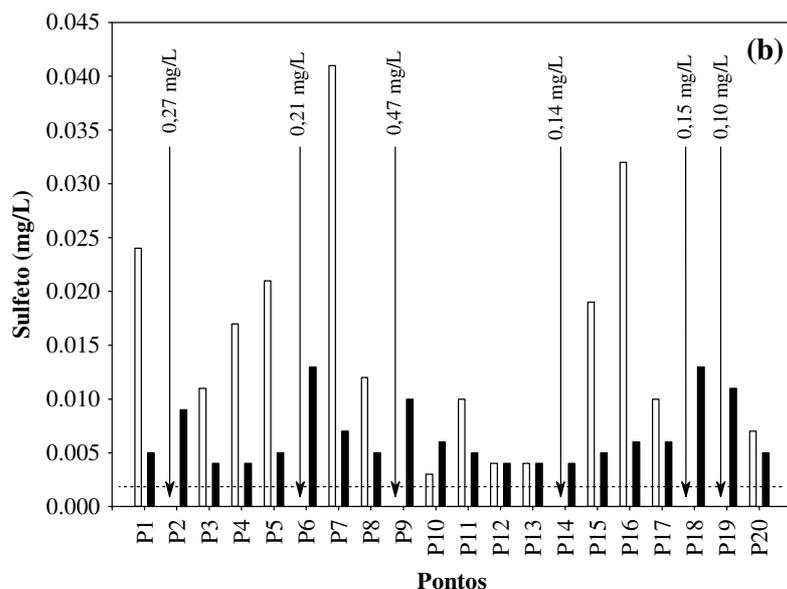
Em ecossistemas aquáticos, o enxofre pode ocorrer em diferentes formas, tais como, íon sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), íon sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ), íon sulfeto ( $\text{S}^{2-}$ ), gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), entre outras. Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato e o gás sulfídrico são as mais frequentes. No entanto, o íon sulfato apresenta maior importância na produtividade do ecossistema, uma vez que é a principal fonte de enxofre usada pelos produtores primários (ESTEVES, 1998).

Em janeiro de 2010, as concentrações de sulfato variaram entre valores inferiores a 1,0 mg/L e 16 mg/L (ponto P1, localizado no rio Mamoré) (**Figura 13a**). Dessa maneira, em ambos os meses de coleta, todos os locais amostrados apresentaram concentrações do íon sulfato condizentes com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 (250 mg/L).

Por outro lado, em janeiro de 2010, todos os locais monitorados apresentaram concentrações de sulfeto superiores ao limite estabelecido pela referida resolução (0,002 mg/L), mesmo considerando a redução dos teores entre os meses de setembro de 2009 (média igual a 0,078 mg/L) e janeiro de 2010 (média igual a 0,006 mg/L) (**Figura 13b**). Em janeiro de 2010, a maior concentração de sulfeto (0,013 mg/L) foi detectada nos pontos P6 e P18, localizados no rio Madeira.

Destaca-se também o fato de que as concentrações sulfato e sulfeto foram muito mais variáveis nos rios Mamoré e Madeira do que no tributários.

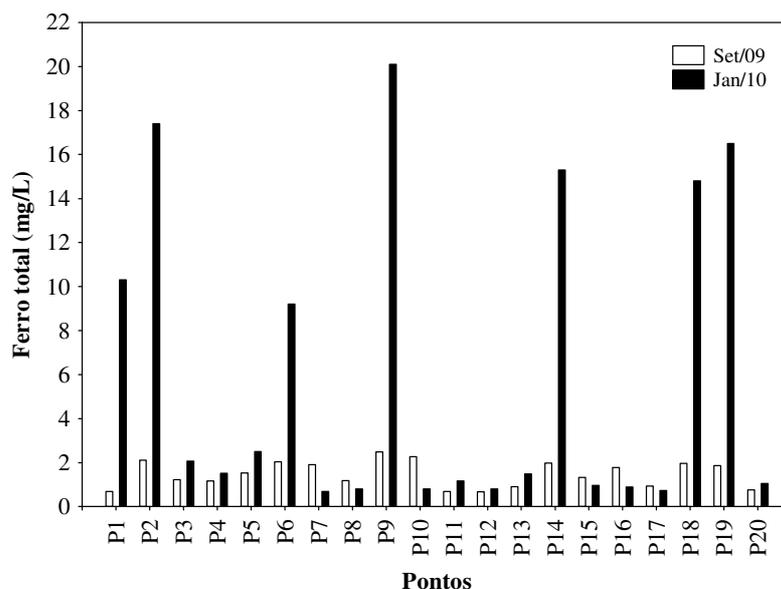




**Figura 13.** Concentrações de sulfato (a) e sulfeto (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

O ferro é de grande importância para o metabolismo dos seres vivos e controla o processo de precipitação do fósforo. Assim, em ambientes onde predominam condições de oxidação (altas concentrações de oxigênio) e pH próximo ao neutro, grande parte dos íons de ferro encontra-se na forma oxidada ( $\text{Fe}^{3+}$  - íon férrico), podendo assim adsorver-se ao íon fosfato e acarretar a precipitação do fósforo no sedimento (ESTEVEZ, 1998). Em ambientes que não estão submetidos a impactos, o ferro e o manganês são registrados em baixas concentrações, pois as suas formas predominantes são as oxidadas que são mais insolúveis ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ ).

Em janeiro de 2010, as concentrações de ferro total variaram entre 0,69 mg/L (ponto P7, localizado no igarapé Simãozinho) e 20,1 mg/L (ponto P9, situado no rio Madeira) (**Figura 14**). Nesse mês, as maiores concentrações de ferro total foram registradas nos pontos de monitoramento localizados nos rios Mamoré e Madeira.



**Figura 14.** Concentrações de ferro total registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

#### 4.1.6. Nutrientes Fosfatados e Nitrogenados

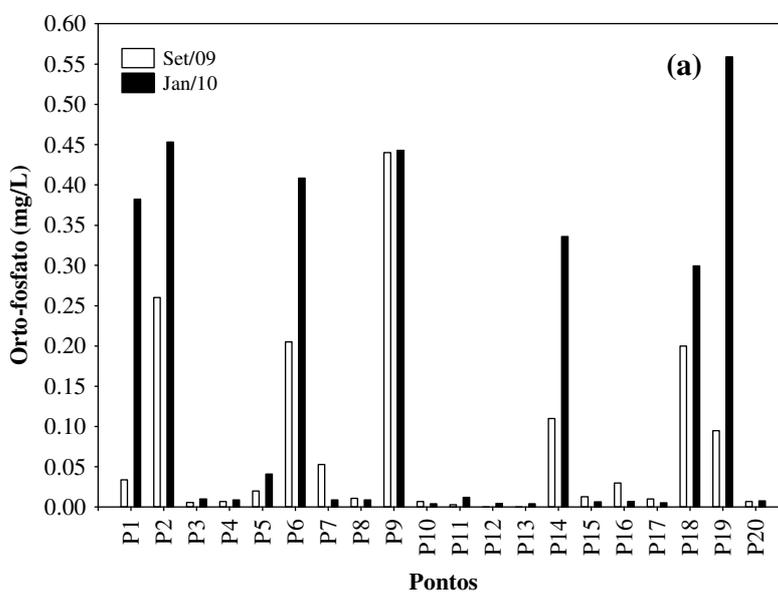
Em conjunto com o nitrogênio (N), o fósforo (P) é o principal elemento que pode limitar a produção primária dos ecossistemas aquáticos. Deste modo, elevadas concentrações indicam um elevado potencial de eutrofização (processo que pode ser definido como o aumento da disponibilidade e da utilização de nutrientes que acarreta um aumento do estado trófico do ambiente). Mesmo com o avanço tecnológico dos sistemas de controle de fontes pontuais de nutrientes, a eutrofização (causada pelo incremento de N e P) ainda pode ser considerada o principal problema de qualidade de água em diferentes partes do mundo. Em geral, a permanência desses nutrientes, mesmo após o controle de fontes pontuais, pode ser atribuída a diferentes processos, como reciclagem interna e emissões difusas derivadas de atividades agropastoris. Quando prevalecem baixas concentrações de oxigênio, o P pode ser disponibilizado para a coluna d'água e, assim, mesmo sem fontes externas, o processo de eutrofização pode ocorrer (KALFF, 2002; BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

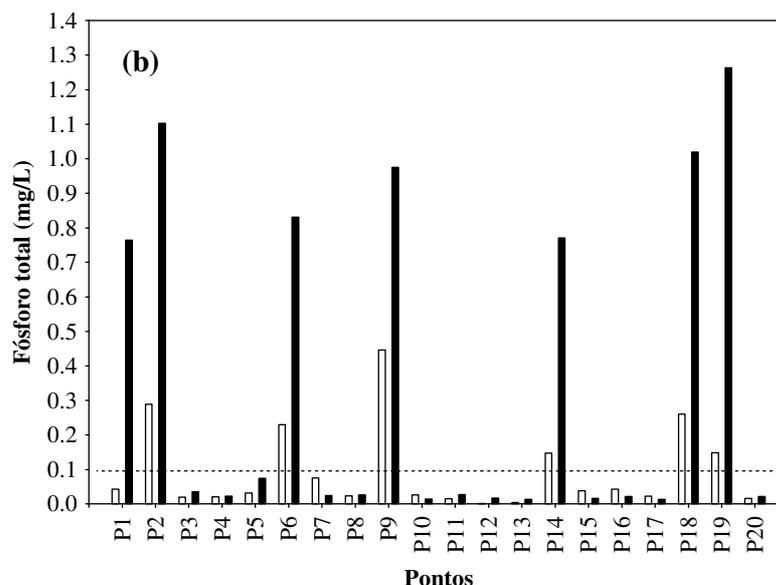
Em janeiro de 2010, as concentrações de orto-fosfato variaram entre 0,004 mg/L (pontos P10 e P13, localizados no igarapé Castanho e na área alagada do rio Mutum-Paraná, respectivamente) e 0,559 mg/L (ponto P19, situado no rio Madeira) (**Figura 15a**). De maneira geral, os teores registrados em janeiro de 2010 (média igual a 0,35 mg/L) foram mais elevados que aqueles mensurados em setembro de 2009.

As concentrações de fósforo total, por sua vez, variaram entre 0,013 mg/L (ponto P17, localizado no igarapé Jirau) e 1,26 mg/L (ponto P19, situado no rio

Madeira) (**Figura 15b**). Nesse mês, os pontos P1, P2, P6, P9, P14, P18 e P19 (localizados nos rios Mamoré e Madeira) apresentaram teores de fósforo total superiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (0,1 mg/L para ambientes lóticos). Resultado similar foi obtido em setembro de 2009. Além disso, em ambos os meses de coleta, os pontos localizados nos rios Mamoré e Madeira apresentaram concentrações de fósforo total superiores às concentrações mensuradas nos tributários (valores médios em janeiro de 2010 iguais a 0,96 mg/L no rio Madeira e 0,025 mg/L nos tributários) (**Figura 15b**).

As concentrações de fósforo total aumentaram conspicuamente entre setembro de 2009 (média igual a 0,095 mg/L) e janeiro de 2010 (média igual a 0,352 mg/L). No entanto, os aumentos dos teores só foram detectados para os rios Madeira e Mamoré, demonstrando, de forma geral, a provável influência do escoamento superficial sobre esses sistemas e, de forma particular, o menor efeito do regime de precipitação sobre os ambientes de menor porte da região (principalmente igarapés em regiões de menor inclinação do terreno e com maior cobertura vegetal nos sistemas terrestres adjacentes). Padrões similares foram detectados para as variáveis turbidez e sólidos em suspensão.





**Figura 15.** Concentrações de orto-fosfato (a) e fósforo total (b) total registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

A importância do nitrogênio para o funcionamento dos ecossistemas deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações, este nutriente pode atuar como fator limitante da produção primária. Dentre as diferentes formas, os teores de nitrato e do íon amônio assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtos primários. O nitrito é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados (ESTEVES, 1998).

As concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK), em janeiro de 2010, variaram entre 0,11 mg/L (ponto P15, localizado no igarapé São Lourenço 1) e 4,82 mg/L (ponto P6, localizado no rio Madeira) (**Figura 16a**).

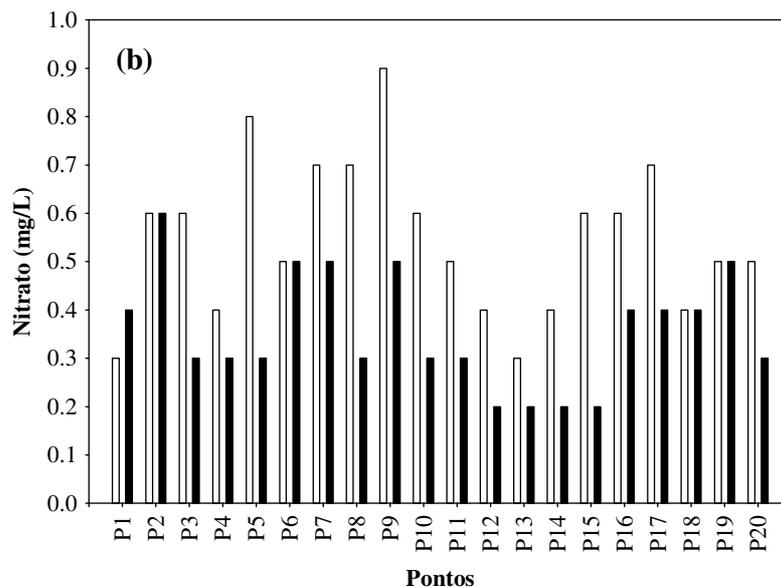
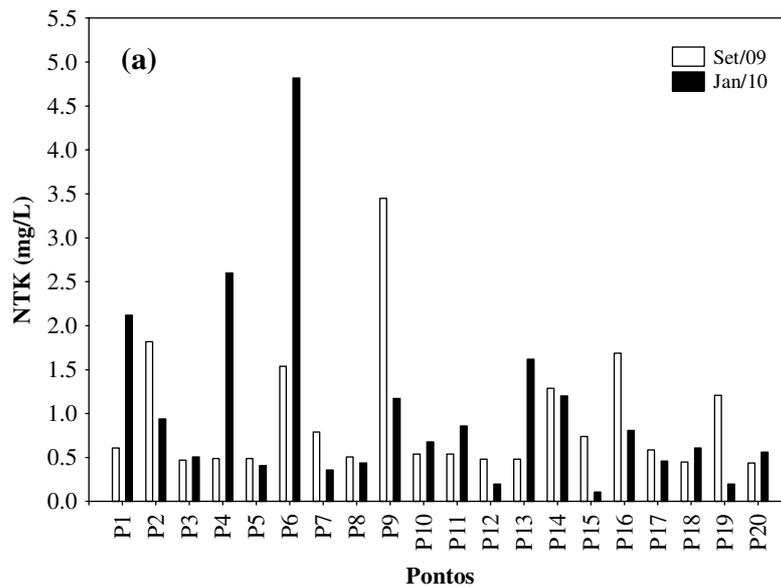
As concentrações de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) variaram entre 0,2 mg/L (pontos P12, P13, P14 e P15) e 0,6 mg/L (ponto P2, situado no rio Madeira) (**Figura 16b**) e as concentrações de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) variaram entre 0,002 mg/L (maior parte dos pontos de coleta) e 0,003 mg/L (ponto P8, P9, P12, P14, P15 e P20) (**Figura 16c**).

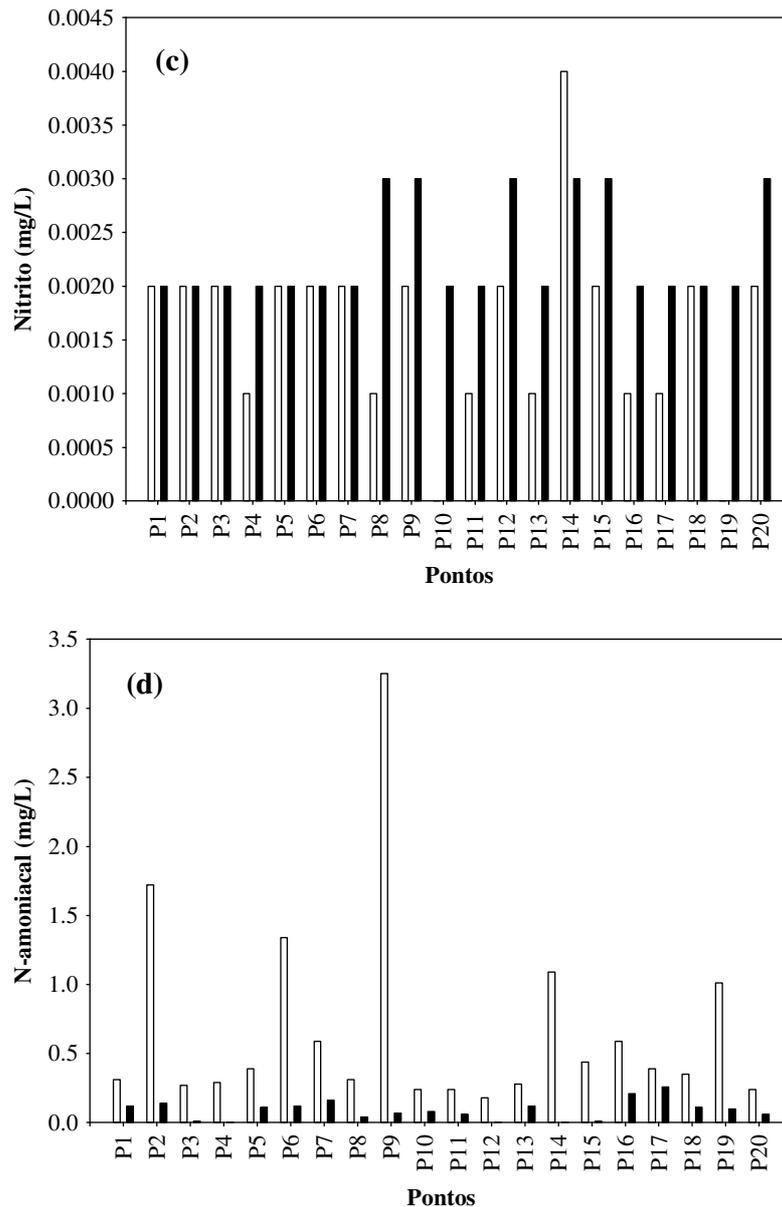
As concentrações de nitrogênio amoniacal, por sua vez, variaram entre valores inferiores ao limite de detecção do método ( $<0,01$  mg/L) e 0,26 mg/L (ponto P17, no igarapé Jirau) (**Figura 16d**).

Em geral, as concentrações de nitrato e nitrogênio amoniacal apresentaram reduções entre os meses de setembro de 2009 e janeiro de 2010.

Todos os pontos monitorados apresentaram concentrações de nitrato e nitrito dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (10 mg/L para nitrato e 1,0 mg/L para nitrito).

De acordo com a referida resolução, o limite estabelecido para a concentração de nitrogênio amoniacal é dependente do valor de pH. Em ambientes com valores de pH inferiores a 7,5, o valor máximo permitido para a concentração de nitrogênio amoniacal é igual a 3,7 mg/L e em ambientes com valores de pH entre 7,5 e 8,0 o valor máximo permitido é 2,0 mg/L. Assim, todo o trecho monitorado apresenta concentrações inferiores ao limite indicado pela resolução.





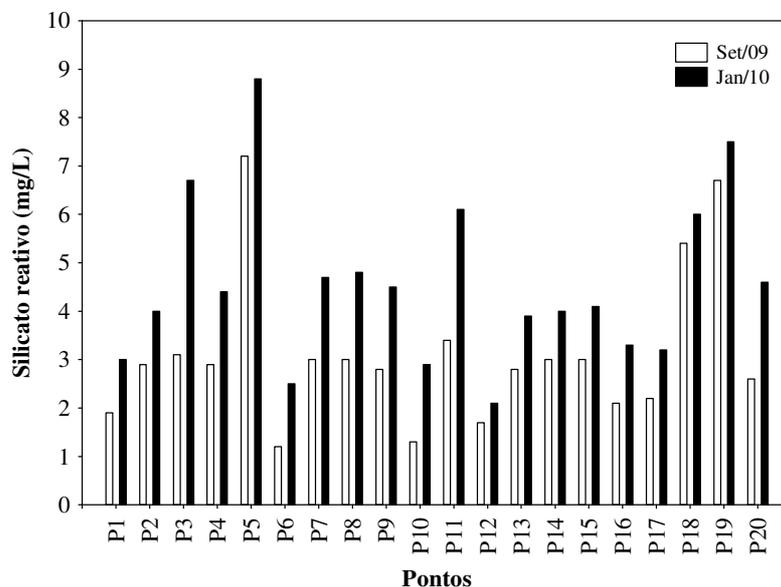
**Figura 16.** Concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) (a), nitrato (b), nitrito (c) e nitrogênio amoniacaal (d) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

#### 4.1.7. Silicato Reativo

No ambiente aquático, a sílica, sob a forma solúvel (também chamada de sílica reativa) é um composto utilizado pelas diatomáceas (produtores primários) na elaboração de suas carapaças (ESTEVES, 1998). Frequentemente, a sílica não atua como fator limitante da produção primária, tendo em vista a abundância deste elemento nos solos tropicais.

Em janeiro de 2010, as concentrações sílica variaram entre 2,1 mg/L (ponto P12, localizado no rio Cotia) e 8,8 mg/L (ponto P5, localizado no rio Abunã) (**Figura 17**).

Comparando com os valores encontrados em setembro de 2009 (média igual a 3,11 mg/L), houve um aumento do teor médio de sílica em janeiro de 2010 (média igual a 4,55 mg/L). Nos 02 (dois) meses de coleta, as concentrações obtidas nos tributários não diferiram daquelas detectadas no rio Madeira.

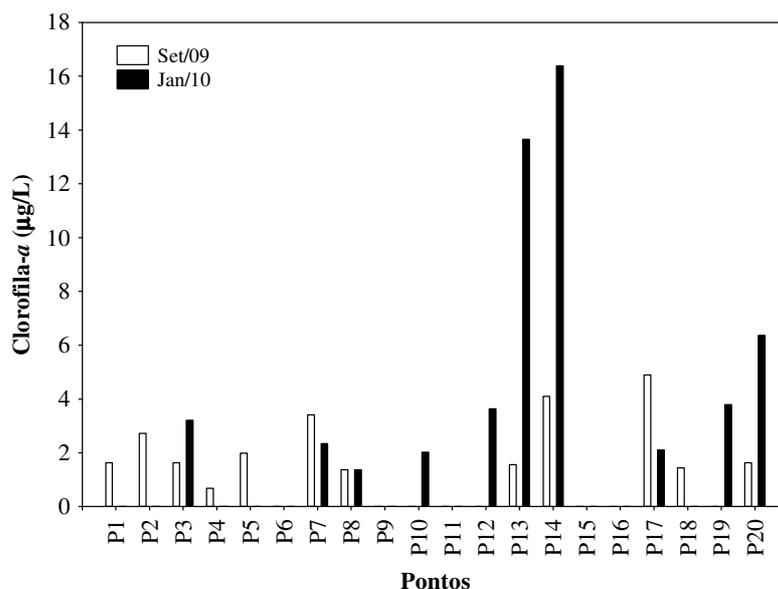


**Figura 17.** Concentrações de silicato reativo registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

#### 4.1.8. Clorofila-a

A clorofila-a está fortemente relacionada com a biomassa fitoplanctônica e pode ser considerada a principal variável indicadora do processo de eutrofização. Assim, a determinação dessa variável em monitoramentos limnológicos é primordial.

No trecho monitorado, em janeiro de 2010, as concentrações de clorofila-a variaram entre valores abaixo do limite de detecção do método e 16,38 µg/L (ponto P14, localizado no rio Madeira) (**Figura 18**) e, portanto, foram inferiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (30 µg/L), assim como observado na primeira campanha realizada em setembro de 2009.



**Figura 18.** Concentrações de clorofila-*a* registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

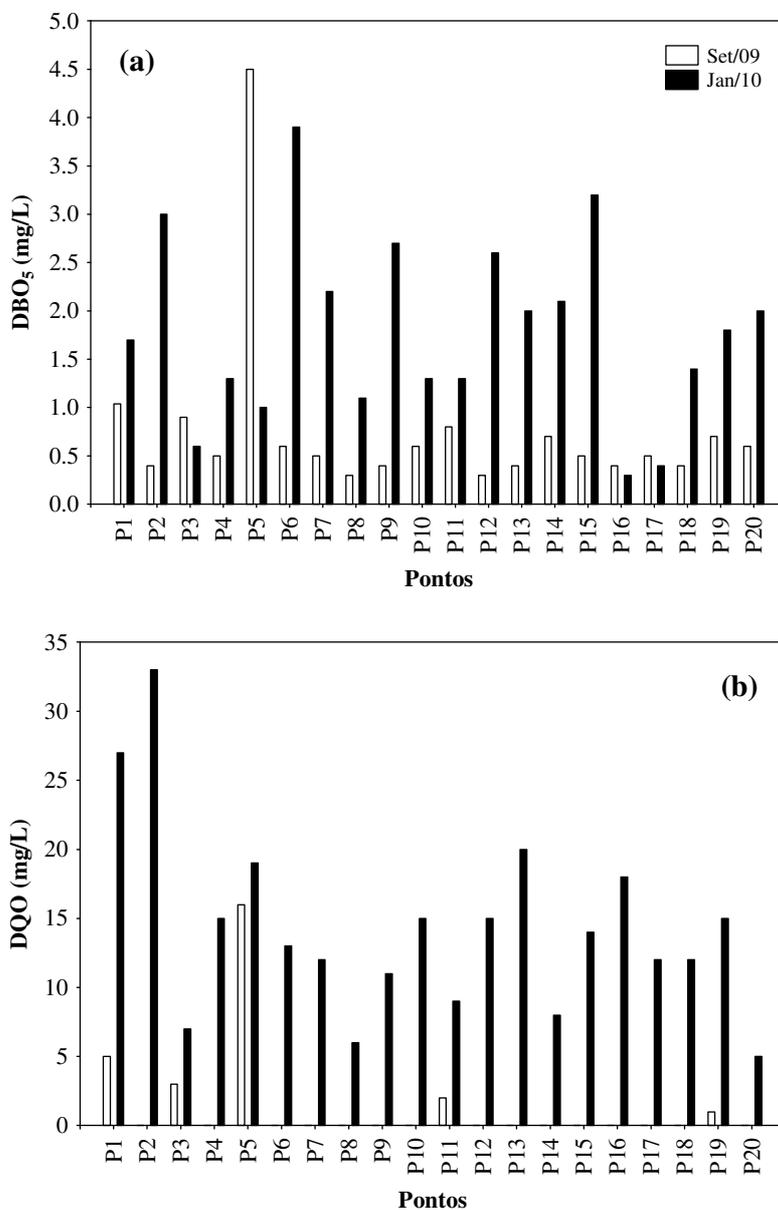
#### 4.1.9. DBO<sub>5</sub> e DQO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) é definida como a quantidade de oxigênio utilizada pelos microorganismos presentes em uma amostra na oxidação da matéria orgânica para uma forma inorgânica estável (KALFF, 2002). Já a Demanda Química de Oxigênio (DQO) representa a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Nessa análise, além da matéria orgânica biodegradável, também é oxidada a matéria orgânica não biodegradável e outros componentes inorgânicos (sulfetos, por exemplo).

Em janeiro de 2010, as concentrações de DBO<sub>5</sub> variaram entre 0,3 mg/L (ponto P16, localizado no igarapé Caiçara) e 3,9 mg/L (ponto P6, situado no rio Madeira) (**Figura 19a**). De maneira geral, houve um aumento no valor médio de DBO<sub>5</sub> em janeiro de 2010 (1,79 mg/L), quando comparado com aquele registrado em setembro de 2009 (0,75 mg/L). No entanto, mesmo considerando esses maiores valores, todos os locais apresentaram valores de DBO<sub>5</sub> abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 (5,0 mg/L), assim como observado em setembro de 2009.

As concentrações de DQO variaram entre 5,0 mg/L (ponto 20, situado na foz do rio Mutum-Paraná) e 33 mg/L (ponto P2, localizado no rio Madeira) (**Figura 19b**). Em média, houve um aumento das concentrações de DQO, comparando com a primeira campanha (valores médios iguais a 1,35 mg/L, em setembro de 2009, e 14,3 mg/L, em

janeiro de 2010). Provavelmente os maiores valores de DBO<sub>5</sub> e DQO registrados em janeiro de 2010 podem ser atribuídos ao aumento das taxas de escoamento superficial, resultando em maiores cargas de material em suspensão orgânico (voláteis) para os sistemas aquáticos monitorados.



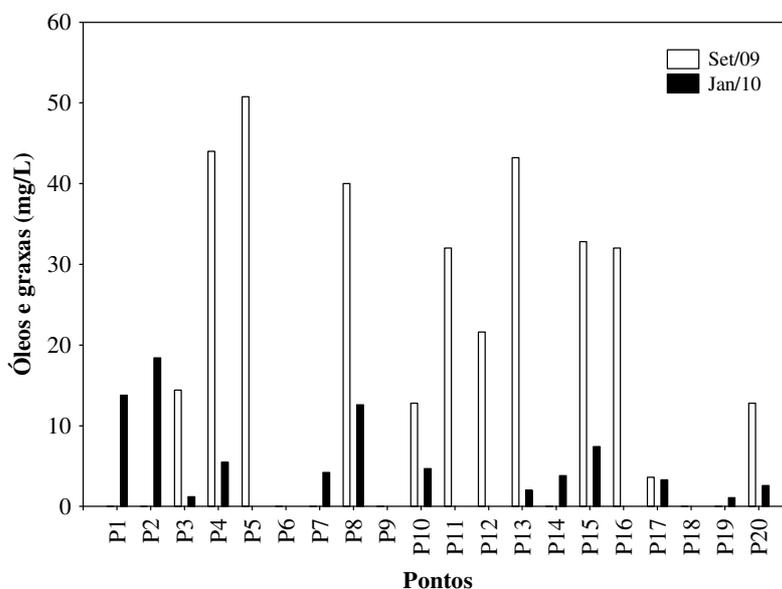
**Figura 19.** Valores de DBO<sub>5</sub> (a) e DQO (b) registrados nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

#### 4.1.10. Óleos e Graxas

“Óleos e graxas” incluem, além dos hidrocarbonetos, ácidos graxos, sabões, gorduras, óleos, ceras e também outros materiais extraídos por um solvente (BAUMGARTEN e POZZA, 2001). Quando presentes em quantidades excessivas, esses compostos podem interferir nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos.

No trecho monitorado do AHE Jirau, em janeiro de 2010, as concentrações de óleos e graxas variaram entre valores virtualmente ausentes (V.A.) e 18,4 mg/L (ponto P2, localizado no rio Madeira) (**Figura 20**). De maneira geral, nesta campanha, a maior parte dos pontos monitorados não esteve de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005. Além disso, nesse mês, não foi detectada diferença significativa entre as concentrações de óleos e graxas registradas nos tributários e no rio Madeira, ao contrário do observado em setembro de 2009.

De maneira geral, houve redução nas concentrações de óleos e graxas entre os meses de setembro de 2009 e janeiro de 2010 (valores médios iguais a 17 mg/L e 4,03 mg/L, respectivamente). Esse resultado, provavelmente, deve-se ao processo de diluição, tendo em vista o maior volume de água nos ambientes monitorados em janeiro de 2010.



**Figura 20.** Concentrações de óleos e graxas registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau.

#### 4.2. Variáveis Bacteriológicas

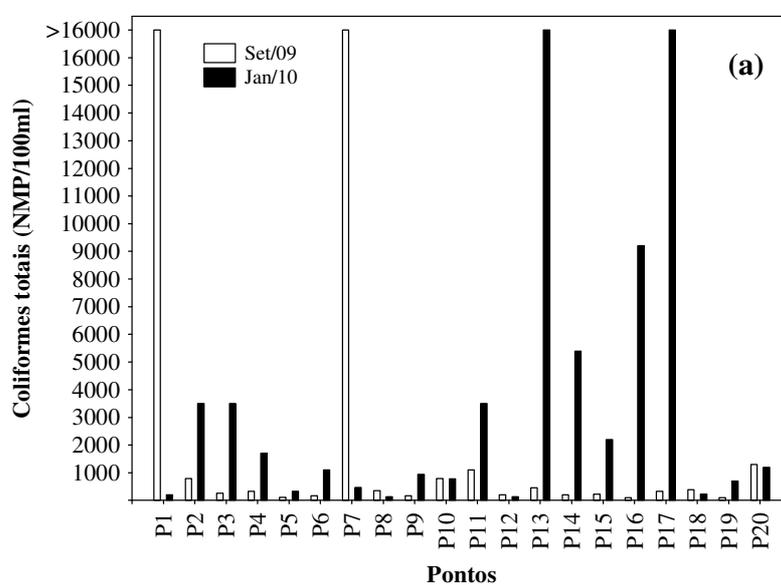
A presença de coliformes na água indica o potencial da presença de microrganismos patogênicos. O grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, o que limita sua aplicação como indicador geral de contaminação fecal. O reconhecimento deste fato levou ao desenvolvimento de métodos de enumeração de um subgrupo de coliformes denominados coliformes fecais

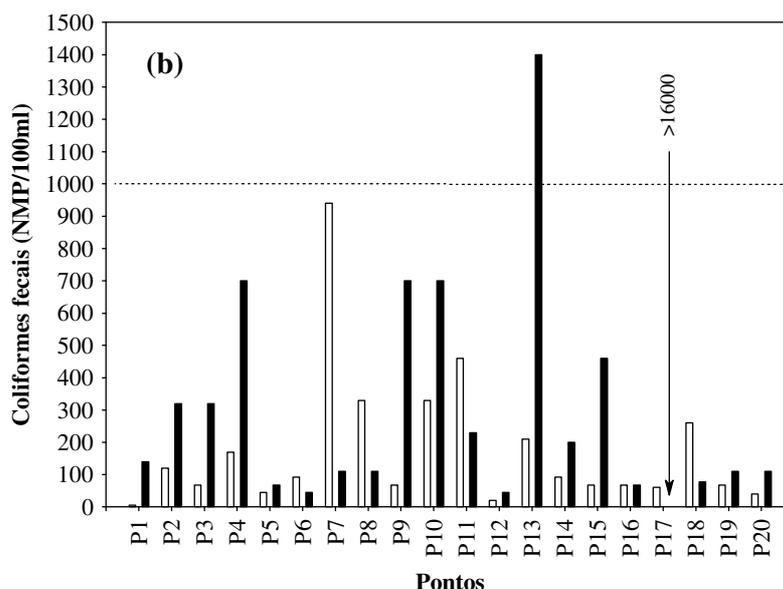
(termotolerantes) os quais são diferenciados dos coliformes totais pela sua capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada ( $44,5\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ).

Em janeiro de 2010, a densidade de coliformes totais variou entre 130 NMP/100 ml (ponto P12, localizado no rio Cotia) e  $>16.000$  NMP/100 ml (pontos P13 e P17, situados na área alagada do rio Mutum-Paraná e no igarapé Jirau, respectivamente) (**Figura 21a**).

A densidade de coliformes fecais (termotolerantes) variou entre 45 NMP/100 ml (pontos P6 e P12, situados no rio Madeira e no rio Cotia, respectivamente) e  $>16.000$  NMP/100 ml (ponto P17, localizado no igarapé Jirau) (**Figura 21b**). Desta forma, considerando o limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n<sup>o</sup> 357/2005 para águas de classe 2 (1.000 NMP/100 ml), no mês de janeiro de 2010, os pontos P13 (localizado na área alagada do rio Mutum-Paraná) e P17 (localizado no igarapé Jirau) apresentaram densidades de coliformes fecais (termotolerantes) acima do referido limite, provavelmente devido à proximidade desses locais com a área urbana.

Assim como o observado em setembro de 2009, não houve diferença consistente nas densidades de coliformes totais e fecais (termotolerantes) entre os pontos monitorados no rio Madeira e aqueles localizados nos tributários.





**Figura 21.** Densidades de coliformes totais (a) e fecais (termotolerantes) (b) registradas nos 20 pontos de monitoramento localizados na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

#### 4.3. Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice do Estado Trófico (IET)

Em janeiro de 2010, o trecho monitorado do AHE Jirau apresentou valores de IQA inferiores que àqueles obtidos em setembro de 2009 (valores médios iguais 53,11 e 60,4, respectivamente) (**Tabela 3**). Nesse mês, os valores de IQA variaram entre 40,5 (ponto P17, localizado no igarapé Jirau) e 63,0 (ponto P8, situado no igarapé São Simão) (**Tabela 3**). O decréscimo nos valores de IQA, em janeiro de 2010, é resultado, principalmente, dos maiores valores de turbidez, sólidos totais, fósforo total e coliformes fecais no trecho monitorado do AHE Jirau. Desta forma, conforme pode ser verificado na tabela abaixo, de maneira geral, os pontos monitorados foram classificados como apresentando qualidade da água entre “Aceitável” e “Boa”.

**Tabela 3.** Índice de Qualidade da água por ponto de coleta.

Estações	Descrição	Set/2009		Jan/2010	
		IQA	Qualidade	IQA	Qualidade
P1-MAM	Rio Mamoré	78,886	Boa	47,721	Aceitável
P2-MAD 1	Rio Madeira- Mad 1	56,939	Boa	49,000	Aceitável
P3-RIB	Igarapé Ribeirão	70,386	Boa	62,924	Boa
P4-ARA	Igarapé Araras	59,758	Boa	56,413	Boa
P5-ABU	Rio Abunã	49,142	Aceitável	60,901	Boa
P6-MAD 2	Rio Madeira- Mad 2	57,174	Boa	53,248	Boa
P7-SIZ 1	Igarapé Simãozinho 1	43,356	Aceitável	53,067	Boa
P8-SIM 1	Igarapé São Simão 1	65,116	Boa	63,024	Boa
P9-MAD 3	Rio Madeira- Mad 3	55,881	Boa	42,578	Aceitável
P10-CAS 1	Igarapé Castanho 1	58,786	Boa	51,530	Aceitável

P11-MTP 1	Rio Mutum-Paraná 1	52,593	Boa	57,051	Boa
P12-COT 1	Rio Cotia 1	67,631	Boa	61,061	Boa
P13-MUT 1	Área alagada do Mutum 1	62,779	Boa	51,781	Aceitável
P14-MAD 4	Rio Madeira- Mad 4	57,081	Boa	46,464	Aceitável
P15-LOU 1	Igarapé São Lourenço 1	61,576	Boa	55,152	Boa
P16-CAI 1	Igarapé Caiçara 1	60,551	Boa	49,026	Aceitável
P17-JIR 1	Igarapé Jirau 1	62,411	Boa	40,512	Aceitável
P18-MAD 5	Rio Madeira- Mad 5	56,627	Boa	48,751	Aceitável
P19-MAD 6	Rio Madeira- Mad 6	66,685	Boa	50,233	Aceitável
P20-MTP 2	Foz Mutum	64,716	Boa	61,800	Boa

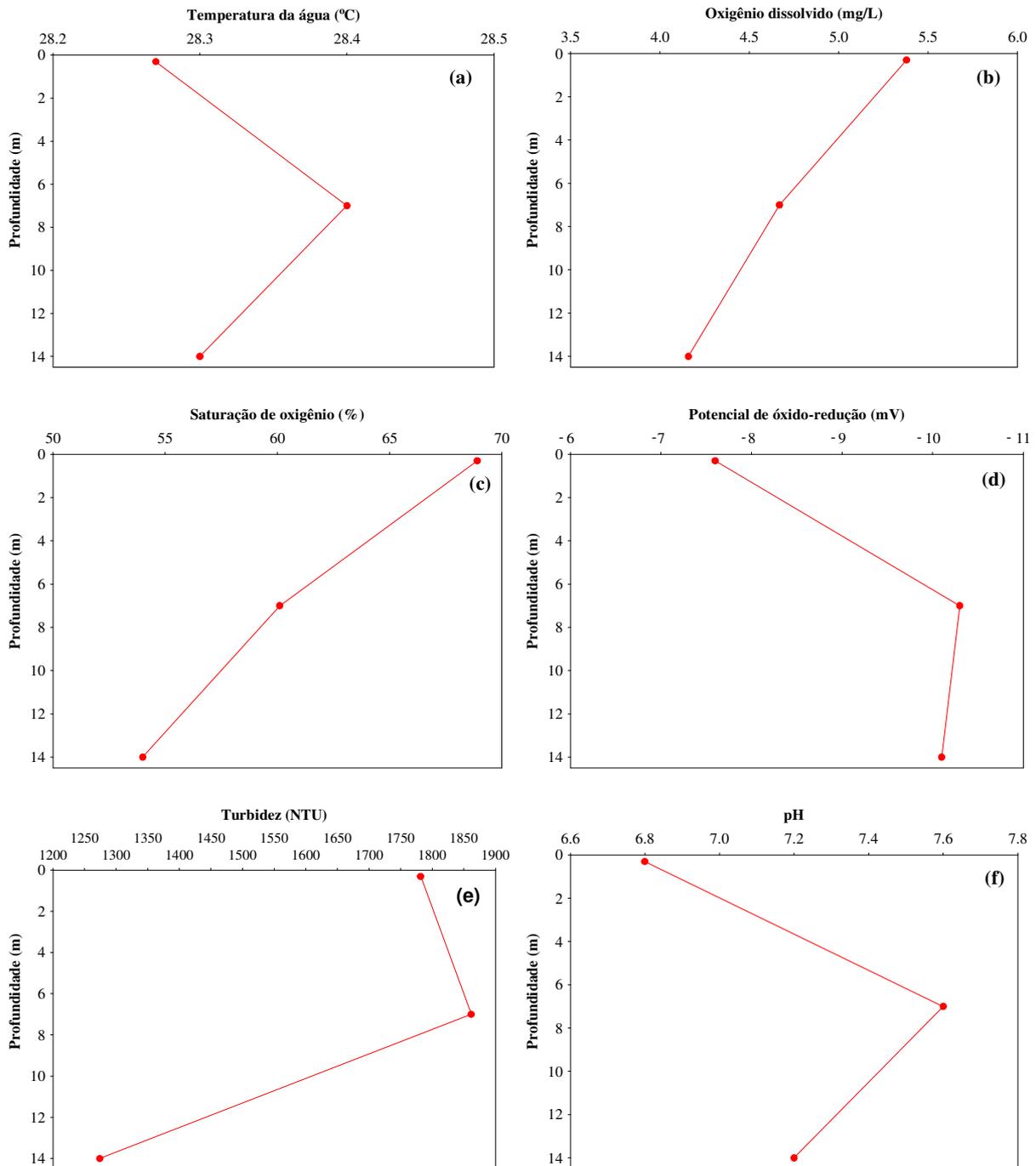
De acordo com o Índice do Estado Trófico (IET), a maior parte dos pontos monitorados apresentou águas classificadas como ultraoligotróficas (**Tabela 4**). Por outro lado, ao contrário do observado em setembro de 2009, alguns locais foram classificados como supereutrófico (ponto P19, localizado no rio Madeira) e hipereutrófico (ponto P14, também situado no rio Madeira), tendo em vista o acréscimo nas concentrações de fósforo total nesses locais no mês de janeiro. De maneira geral, em média, os valores de IET foram similares nas 02 (duas) campanhas de campo (valores médios iguais a 49,53 em setembro de 2009 e 46,50 em janeiro de 2010) (**Tabela 4**).

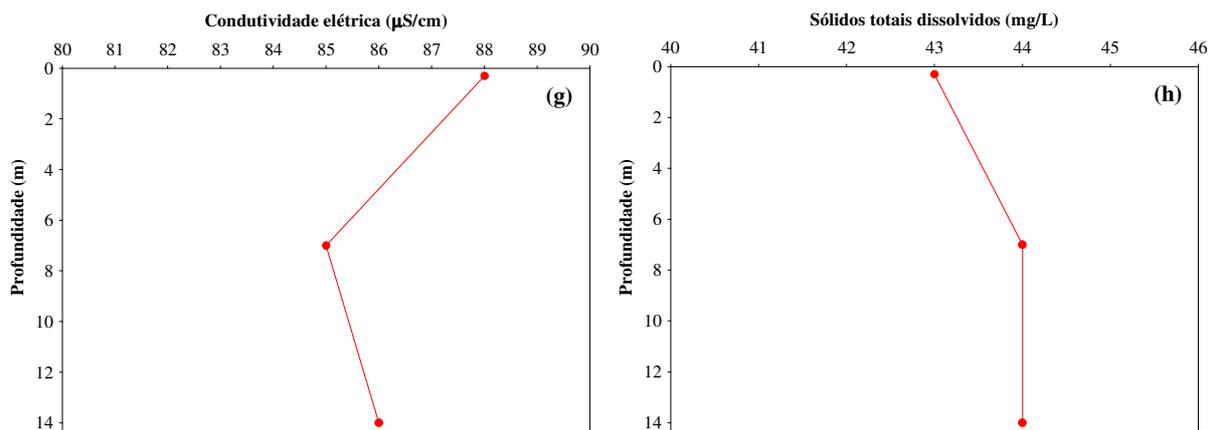
**Tabela 4.** Índice do Estado Trófico (IET) por ponto de coleta.

Estações	Descrição	IET	Set/2009	Jan/2010
			Classificação do Estado Trófico	Classificação do Estado Trófico
P1-MAM	Rio Mamoré	53,923	Mesotrófico	39,331 Ultraoligotrófico
P2-MAD 1	Rio Madeira- Mad 1	61,082	Eutrófico	40,280 Ultraoligotrófico
P3-RIB	Igarapé Ribeirão	51,936	Oligotrófico	56,332 Mesotrófico
P4-ARA	Igarapé Araras	48,273	Oligotrófico	30,192 Ultraoligotrófico
P5-ABU	Rio Abunã	53,989	Mesotrófico	33,289 Ultraoligotrófico
P6-MAD 2	Rio Madeira- Mad 2	46,176	Ultraoligotrófico	39,547 Ultraoligotrófico
P7-SIZ 1	Igarapé Simãozinho 1	58,545	Mesotrófico	54,045 Mesotrófico
P8-SIM 1	Igarapé São Simão 1	51,620	Oligotrófico	51,880 Oligotrófico
P9-MAD 3	Rio Madeira- Mad 3	47,896	Oligotrófico	39,962 Ultraoligotrófico
P10-CAS 1	Igarapé Castanho 1	40,515	Ultraoligotrófico	51,986 Oligotrófico
P11-MTP 1	Rio Mutum-Paraná 1	39,086	Ultraoligotrófico	30,708 Ultraoligotrófico
P12-COT 1	Rio Cotia 1	33,854	Ultraoligotrófico	54,988 Mesotrófico
P13-MUT 1	Área alagada do Mutum 1	47,545	Oligotrófico	60,149 Eutrófico
P14-MAD 4	Rio Madeira- Mad 4	61,081	Eutrófico	71,383 Hipereutrófico
P15-LOU 1	Igarapé São Lourenço 1	41,568	Ultraoligotrófico	29,379 Ultraoligotrófico
P16-CAI 1	Igarapé Caiçara 1	41,821	Ultraoligotrófico	30,061 Ultraoligotrófico
P17-JIR 1	Igarapé Jirau 1	57,041	Mesotrófico	51,941 Oligotrófico
P18-MAD 5	Rio Madeira- Mad 5	58,029	Mesotrófico	40,077 Ultraoligotrófico
P19-MAD 6	Rio Madeira- Mad 6	45,048	Ultraoligotrófico	66,334 Supereutrófico
P20-MTP 2	Foz Mutum	51,514	Oligotrófico	58,073 Mesotrófico

#### 4.4. Perfil vertical do ponto 18 (P18-MAD 5), localizado no rio Madeira

De maneira geral, a análise do perfil vertical do ponto localizado no rio Madeira (ponto P18) indicou pouca variação ao longo das três profundidades analisadas (**Figura 22**). A baixa variabilidade vertical pode ser atribuída ao movimento turbulento, característico de ambientes lóticos, que tende a homogeneizar a coluna de água.



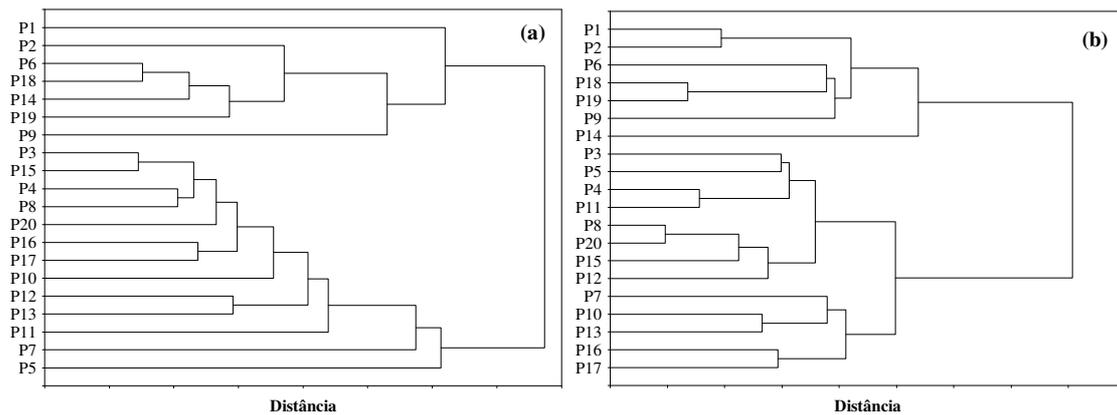


**Figura 22.** Perfil vertical em três profundidades (superfície, meio e fundo) do ponto P18, localizado no rio Madeira, realizado em janeiro de 2010.

#### 4.5. Síntese dos Parâmetros Limnológicos

Uma análise de agrupamento hierárquica, com base na distância Euclidiana e método de ligação UPGMA (*Unweight Pair-Group Method Average*) (LEGENDRE e LEGENGRE 1998), foi realizada para classificar os pontos monitorados. Primeiramente, os valores das variáveis físicas e químicas foram transformados em logaritmos (com exceção dos valores de pH) e, em seguida, padronizados (subtração da média e divisão pelo desvio padrão).

De maneira geral, em janeiro de 2010, os resultados da análise de agrupamentos (**Figura 23**) demonstram a clara formação de 02 (dois) grupos, assim como observado em setembro de 2009. O primeiro grupo é formado pelos pontos de monitoramento localizados nos rios Mamoré e Madeira, enquanto que o segundo grupo é constituído pelos pontos localizados nos tributários. Em geral, os rios Mamoré e Madeira, quando comparados com os tributários, apresentam maiores concentrações de diferentes variáveis limnológicas (e.g., sólidos totais dissolvidos, SSF, SSV, fósforo total, nitrato, ferro, sulfato e carbono total). Além disso, o grupo formado pelos tributários tende a apresentar maior variabilidade limnológica. Esse resultado pode ser explicado considerando as diferenças entre as bacias hidrográficas desses tributários.



**Figura 23.** Análise de classificação dos 20 pontos de monitoramento em setembro de 2009 (a) e janeiro de 2010 (b). O coeficiente de correlação cofenético foi igual a 0,91 e 0,90, respectivamente, indicando que o dendrograma, obtido após a aplicação do método de ligação (UPGMA) é uma representação confiável da matriz de distância original.

#### **4.6. Comunidades Biológicas**

O simples monitoramento das alterações de variáveis físicas e químicas da água não é um meio seguro de avaliação de impactos, pois, muitas vezes, estes ocorrem em um período de tempo tão curto, que não são detectados. Por outro lado, o componente biótico oferece um registro confiável das pressões naturais ou não, impostas ao sistema, constituindo num registro temporal das condições ambientais (BRANDINARTE *et al.*, 1999).

O termo plâncton é utilizado para caracterizar um grupo de organismos que têm a coluna d'água como hábitat preferencial. Em geral, a capacidade natatória desse grupo é limitada e os espécimes tendem a ser transportados passivamente pelos fluxos de água.

A presença de organismos fitoplânctônicos em rios é influenciada pelas variações de temperatura, pH, concentração de nutrientes, condições hidrodinâmicas, além da ação de predadores (REYNOLDS, 1988). Uma importante característica destes organismos é a rápida resposta que apresentam às alterações ambientais, em função do curto ciclo de vida, o que os tornam eficientes indicadores da qualidade da água (REYNOLDS, 1995; 1997).

O zooplâncton, em ambientes aquáticos continentais (como lagos, rios e reservatórios) é representado essencialmente por 04 (quatro) grupos taxonômicos: protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodes. A comunidade zooplânctônica representa um importante componente dos sistemas aquáticos, contribuindo na transferência de matéria e energia nas cadeias alimentares aquáticas, desde os produtores (fitoplâncton) até consumidores de níveis tróficos superiores, como larvas de inseto (invertebrados) e peixes (vertebrados). Alterações na estrutura e dinâmica desta comunidade são relevantes não apenas para o próprio zooplâncton, mas também para o metabolismo de todo o ecossistema (LANSAC-TÔHA *et al.*, 2004).

Ao contrário do fitoplâncton, organismos tipicamente zooplânctônicos não conseguem desenvolver grandes populações em ambientes lóticos, tendo em vista que sua taxa reprodutiva é freqüentemente menor que sua deriva rio abaixo. Desta forma, a comunidade zooplânctônica em rios é principalmente representada por organismos de outros compartimentos como o bentônico e o litorâneo, conhecidos na literatura como potamoplâncton (“riverine zooplankton”). Metazoários tipicamente planctônicos requerem, portanto, remansos ou ambientes lênticos adjacentes para o crescimento populacional. Diversos estudos têm evidenciado a grande relevância de processos hidrodinâmicos na determinação da distribuição temporal e espacial da composição, da

riqueza de espécies e da abundância das comunidades zooplanctônicas em rios (BASU e PICK, 1996; THORP e CASPER, 2003). De acordo com Kobayashi *et al.* (1998), o regime de fluxo é, provavelmente, um dos fatores mais importantes para a abundância do zooplâncton de rios.

Além disso, as espécies zooplanctônicas respondem rapidamente a alterações nas condições ambientais das massas de água (como, por exemplo, temperatura, concentrações de oxigênio e nutrientes), podendo, portanto, indicar as condições físicas e químicas das massas de água, além de responderem às variações hidrológicas sazonais. A diversidade e a composição do zooplâncton podem indicar não apenas condições naturais do sistema, mas também sua deterioração. Alterações na composição, na riqueza de espécies e na abundância do zooplâncton estão freqüentemente relacionadas a diferentes tipos de impactos (e.g., eutrofização, acidificação e alterações hidrológicas).

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é formada por organismos que habitam os substratos de ecossistemas aquáticos (sedimentos, rochas, pedaços de madeira, macrófitas aquáticas, algas filamentosas, dentre outros), pelo menos em parte de seu ciclo de vida (ESTEVES, 1998). Nos ecossistemas aquáticos continentais vários grupos de organismos fazem parte desta comunidade, tais como, Protozoa, Porifera, Nematoda, Nemertea, Oligochaeta, Arthropoda (Insecta, Crustacea e Acarina).

#### **4.6.1. Fitoplâncton**

A comunidade fitoplanctônica amostrada no mês de janeiro de 2010 na área de influência do AHE Jirau apresentou elevado número de táxons (**Tabela 5**). Os 147 táxons inventariados foram distribuídos em 09 (nove) grupos taxonômicos. Os grupos com maior contribuição à diversidade fitoplanctônica foram Zygnemaphyceae (29%), Bacillariophyceae ou diatomáceas (23%), Chlorophyceae (18%) e Cyanobacteria (12%) (**Tabela 5**).

Foram registrados baixos valores de riqueza de espécies fitoplanctônicas na maioria dos pontos monitorados no mês de janeiro de 2010, sendo inferiores aos obtidos em setembro de 2009 (**Figura 24, Tabela 5**). Em janeiro de 2010, os maiores valores de riqueza de espécies (< 20) foram verificados nos pontos P12, localizado no rio Cotia, P13, situado na área alagada do rio Mutum-Paraná, P16, localizado no igarapé Caiçara, e P20, situado na foz do rio Mutum-Paraná).

**Tabela 5.** Táxons fitoplanctônicos inventariados nos pontos de coleta da área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>																					
<i>Achnanthes</i> sp.			x																		
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grun.								x													
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grun.) Kram.					x																
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim.	x					x															
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.	x					x			x												
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i>						x			x							x		x			
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemm.) Sim.					x				x											x	
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grun.) Holk & Klee						x		x			x					x					
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.						x		x													
<i>Cyclotella</i> sp.			x																		
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.								x													
<i>Cymbella microcephala</i> Grun.								x			x								x		
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auer.								x				x									
<i>Eunotia flexuosa</i> (Bréb.) Kütz.				x																	
<i>Eunotia</i> sp.	x															x					
<i>Fragilaria</i> sp.	x	x											x			x					
<i>Gomphonema augur</i> Ehr.																			x		
<i>Gomphonema gracile</i> Ehr.			x																		
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.																				x	
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehr.				x																	
<i>Melosira varians</i> Agard.							x													x	
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.																x					
<i>Navicula schroeterii</i> Meist.	x				x		x														
<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehr.	x	x						x			x	x			x		x			x	
<i>Navicula</i> sp.							x								x						
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm.		x						x									x				
<i>Nitzschia</i> sp.																			x		
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehr.) Ehr.								x				x									
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cleve								x													
<i>Pinnularia</i> sp.																			x		
<i>Surirella</i> cf. <i>linearis</i> W. Sm.								x			x	x									
<i>Surirella</i> sp.			x								x	x			x					x	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp.							x								x			x			
Pennales não identificada 1							x														
<b>CYANOBACTERIA</b>																					
<i>Anabaena solitaria</i> Kom.				x																	
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström				x									x								
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West											x										
<i>Aphanotece</i> sp.												x			x		x			x	
<i>Borzia</i> sp.			x	x																	

**Tabela 5.** Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
<i>Chroococcus distans</i> (G. M. Smith) Kom. – Leg.											x										
<i>Chroococcus minimus</i> (Keis.) Lemm.										x		x	x		x	x				x	
<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Näg.																				x	
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemm.													x								
<i>Coelomorum tropicale</i> Senn., Peres & Kom.												x									
<i>Geitlerinema amphybium</i> (Gom.) Anag.					x																
<i>Geitlerinema</i> sp.								x													
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemm.) Kom.-Legn. & Cronb.								x													
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Anag. & Kom.										x		x									
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemm.) Kom.								x				x							x		
<i>Snowella atomus</i> Kom. & Hind																x					
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.				x																	
<b>CHLOROPHYCEAE</b>																					
<i>Chlamydomonas</i> sp.													x							x	
<i>Closteriopsis</i> sp.										x											
<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schm.) Schm.				x								x									
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West													x								
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) Hegew.													x			x					
<i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm.										x											
<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i> Printz																				x	
<i>Eudorina elegans</i> Ehr.										x											
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom. Sensu Kom.				x											x						
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchn.) Möb.																				x	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. - Legn.															x						
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.													x			x				x	
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Kom.-Legn.													x								
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.									x							x					
<i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.																					
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.												x	x								
<i>Oocystis</i> sp.													x								
<i>Pediastrum duplex</i> Mey.																x					
<i>Scenedesmus acunae</i> Com.												x			x						
<i>Scenedesmus linearis</i> Kom.													x				x			x	
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehr.) Chod.																				x	
<i>Scenedesmus javanensis</i> Chod.																			x		
<i>Selenastrum gracile</i> Reins.												x									
<i>Tetrastrum komarekii</i> Hind.											x										
Chlorophyceae não identificada													x							x	
Chlorococcales não identificada														x						x	

**Tabela 5.** Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>																					
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.												X									
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehr.												X	X			X					
<i>Mallomonas</i> sp.													X			X				X	
<i>Synura</i> sp.													X		X	X					
Chrysophyceae não identificada								X													
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>																					
<i>Euglena</i> sp.											X		X			X					
<i>Euglena acus</i> Ehr.					X																
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehr.) Lemm.										X			X		X	X				X	
<i>Phacus orbicularis</i> Hübn.													X								
<i>Phacus longicauda</i> (Ehr.) Duj. var. <i>tortus</i> Lemm.					X																
<i>Trachelomonas armata</i> (Ehr.) Stein var. <i>steinii</i> Lemm.					X		X			X		X									
<i>Trachelomonas cervicula</i> Stokes																X					
<i>Trachelomonas curta</i> Cunha													X								
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein													X								
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemm.			X										X		X		X				
<i>Trachelomonas scabra</i> Playf.					X																
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.																X					
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir.					X								X		X	X					
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>																					
<i>Chroomonas</i> sp.													X								
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. & Bic.														X							
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehr. Emend. Pen.													X		X						
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja				X			X		X				X		X	X	X			X	
<i>Cryptomonas</i> sp.											X		X		X						
<i>Cryptomonas</i> sp2													X								
<b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>																					
<i>Actinotaenium perminutum</i> ( G.S. West ) Teil.			X																		
<i>Actinotaenium</i> sp.		X		X						X	X					X					
<i>Bambusina</i> sp.										X			X								
<i>Closterium setaceum</i> Ehr. ex Ralfs														X							
<i>Closterium</i> sp.							X				X		X								
<i>Cosmarium candianum</i> Delp.			X	X										X							
<i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.			X										X	X							
<i>Cosmarium regnesi</i> Reins.													X								
<i>Cosmarium spagnicolum</i> West & West														X							
<i>Cosmarium</i> sp.										X											
<i>Desmidium laticeps</i> Nordst.				X									X								
<i>Desmidium</i> sp.		X									X										
<i>Euastrum elegans</i> (Bréb.) Kütz.		X																			
<i>Gonatozygon pilosum</i> Wolle														X						X	
<i>Micrasterias furcata</i> Turner			X																		
<i>Micrasterias truncata</i> (Corda) Bréb. ex Ralfs														X							
<i>Micrasterias radiosa</i> Agardh										X		X									
<i>Micrasterias radiata</i> Hass.														X							
<i>Onychonema laeve</i> Nordst.														X							
<i>Pleurotaenium</i> sp.										X											
<i>Spyrogyra</i> sp.				X	X															X	

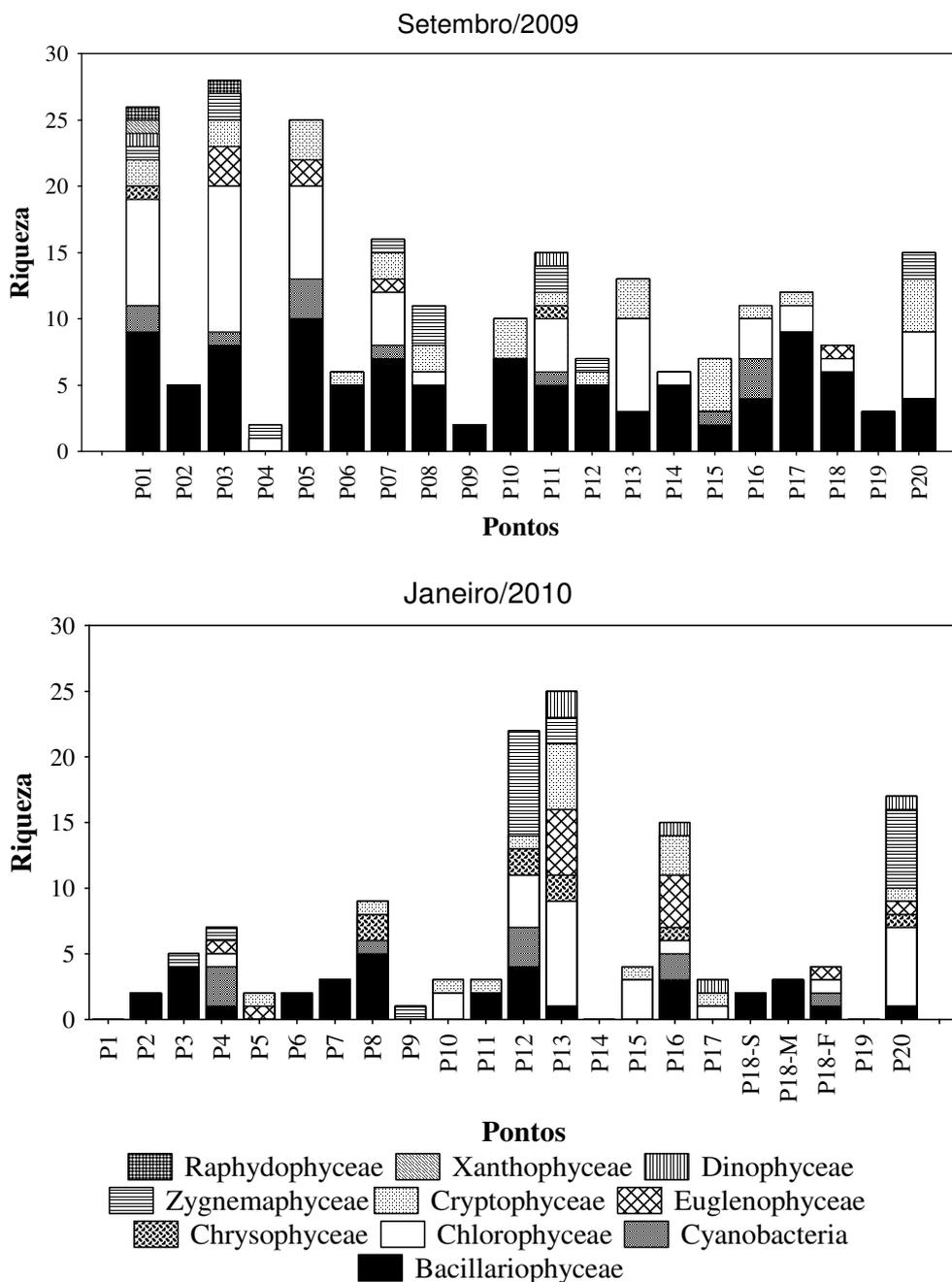
**Tabela 5.** Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>excavatum</i>											x										
<i>Staurastrum excavatum</i> West & G. S. Oeste													x							x	
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs			x																		
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordst.													x								
<i>Staurastrum minesotense</i> Wolle			x									x									
<i>Staurastrum muticum</i> (Bréb.) & Ralfs												x									
<i>Staurastrum pseudotetracerum</i> (Nordst.) West & G.S. West											x	x				x					
<i>Staurastrum setigerum</i> Cleve												x									
<i>Staurastrum quadrangulare</i> Bréb.												x									
<i>Staurastrum trifidum</i> Nordst.			x																		
<i>Staurastrum cf. stelliferum</i> Borge												x	x							x	
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>tetracerum</i>							x					x								x	
<i>Staurastrum volans</i> W. & GS West												x									
<i>Stauroidesmus convergens</i> (Ehr.) Teil.												x								x	
<i>Stauroidesmus triangularis</i> (Lagerh.) Teil.												x								x	
<i>Stauroidesmus curvatus</i> Forst.												x	x							x	
<i>Stauroidesmus cuspidatus</i> (Breb.) Teil.																				x	
<i>Stauroidesmus dejectus</i> (Bréb.) Teil.												x									
<i>Stauroidesmus lobatus</i> (Borg.) Bourr.																				x	
<i>Stauroidesmus</i> sp.																				x	
<i>Xanthidium</i> sp.												x	x								
<b>DINOPHYCEAE</b>																					
<i>Peridinium</i> sp.			x		x								x			x	x				
<i>Peridinium</i> sp 1								x				x			x	x	x			x	
<i>Peridinium</i> sp 2													x								
<b>OEDOGONIOPHYCEAE</b>																					
<i>Oedogonium</i> sp.												x									

Baixo número de táxons fitoplanctônicos é geralmente verificado em rios com alto fluxo de água e alta turbidez. Em função das fortes chuvas em janeiro 2010, estes fatores foram intensificados, não havendo registro de táxons, por exemplo, nos pontos P14 e P19, situados no rio Madeira, e no ponto P1, localizado no rio Mamoré.

Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Chlorophyceae, Cyanobacteria e Zygnemaphyceae foram os principais grupos registrados na área de influência do AHE Jirau, conforme pode ser verificado na **Figura 24** e na **Tabela 5**. As bacilariofíceas apresentaram maior contribuição à riqueza de espécies fitoplanctônicas na maioria dos pontos monitorados, sendo as únicas representantes do fitoplâncton, nos pontos P2, P6 e P18, localizados no rio Madeira, e no ponto P7, situado no igarapé Simãozinho. Este

grupo esteve representado tanto por gêneros meroplânctônicos da Ordem Centrales (*Aulacoseira* e *Cyclotella*), quanto tipicamente planctônicos, como *Cymbella*, *Navicula* e *Ulnaria*.



**Figura 24.** Variação espacial da riqueza fitoplanctônica na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

*Zygnemaphyceae* foi o único grupo registrado no ponto P9, situado no rio Madeira, e o principal grupo no ponto P12, localizado no rio Cotia. No ponto P20, situado na foz do rio Mutum-Paraná, as zignemafíceas e clorófitas apresentaram maior contribuição para a riqueza de espécies. O aumento da contribuição deste grupo nas

amostras de janeiro de 2010 está provavelmente relacionado ao aumento da colonização por macrófitas aquáticas, as quais propiciam maior diversidade de habitats. Chlorophyceae foi o segundo grupo com maior representatividade, especialmente nos tributários, devido à maior transparência verificada nos mesmos, sendo representada principalmente pela Ordem Chlorococcales.

#### **4.6.1.1 Densidade e Biomassa Fitoplanctônica**

Em janeiro de 2010, foram registrados valores extremamente baixos de densidade e biovolume fitoplanctônico nos pontos amostrados na área de influência do AHE Jirau ( $< 400 \text{ ind.mL}^{-1}$  e  $< 0,5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ). Utilizando os critérios de Vollenweider (1968, apud LIND *et al.*, 1993) para caracterização trófica dos ambientes, segundo os valores de biovolume fitoplanctônico, os pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, nos 02 (dois) meses de estudo, podem ser classificados como oligotróficos, com valores inferiores a  $3 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ .

Os valores de densidade foram inferiores aos obtidos em setembro de 2009 (**Figuras 25 e 26**). Como discutido anteriormente, os elevados valores de turbidez e vazão, característicos da área de estudo, principalmente no rio Madeira, intensificados pelas chuvas ocorridas em janeiro de 2010, são fatores que limitaram o desenvolvimento fitoplanctônico. Mesmo em ambientes lóticos com elevadas concentrações de nutrientes, a hidrologia exerce um efeito preponderante sobre essa comunidade (RODRIGUES *et al.*, 2009; BORGES *et al.*, 2003; TRAIN e RODRIGUES, 2004).

Nos tributários, os valores de densidade variaram de  $2 \text{ ind.mL}^{-1}$ , no ponto P5, situado no rio Abunã, a  $336 \text{ ind.mL}^{-1}$ , no ponto P13, localizado na área alagada do rio Mutum-Paraná (**Figura 25 e Tabela 6**). Os valores de biomassa variaram de  $0,0002 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ , no ponto P5, a  $0,30 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$ , no ponto P13 (**Figura 26**). Destaca-se a ausência de indivíduos fitoplanctônicos no rio Mamoré. O maior desenvolvimento fitoplanctônico registrado na área alagada do rio Mutum-Paraná pode ser atribuído à maior transparência da água e à menor velocidade de fluxo.

As interações entre o regime de mistura vertical e a disponibilidade de luz e nutrientes têm importantes conseqüências sobre a distribuição da comunidade fitoplanctônica na coluna d'água (KIMMEL *et al.*, 1990). Assim, a distribuição homogênea dos valores de densidade e biomassa na coluna de água no ponto P18 pode ser atribuída às condições lóticas e à baixa disponibilidade luminosa ( $< 0,1 \text{ m}$ ) registradas

no rio Madeira. Estas condições favoreceram principalmente as bacilariofíceas, as quais, de fato, apresentaram a maior contribuição para os valores de densidade e biomassa. A alta taxa de sedimentação destas algas propiciaram maiores valores nas camadas intermediária e próximo ao fundo da coluna d'água (REYNOLDS *et al.*, 2002).

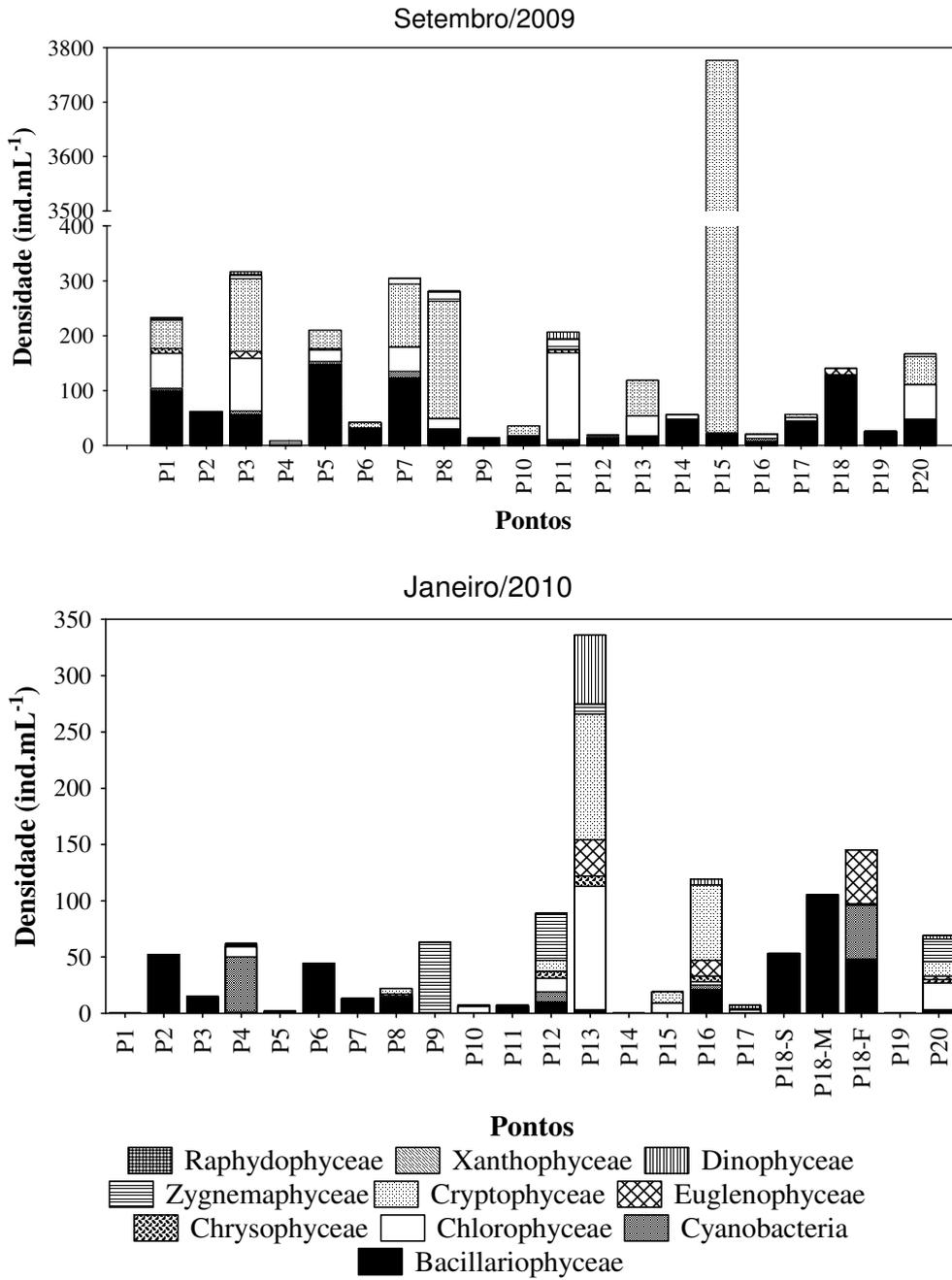
Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Chlorophyceae, Zygnemaphyceae e Cyanobacteria apresentaram maior contribuição aos valores de densidade (**Figura 25 e Tabela 6**) e biomassa fitoplanctônica (**Figura 26**).

As bacilariofíceas foram representadas principalmente por *Aulacoseira* spp., *Cymbella* e *Ulnaria*, que comumente ocorrem em ambientes de elevada turbulência e turbidez (REYNOLDS *et al.*, 2002, PADISÁK *et al.*, 2009).

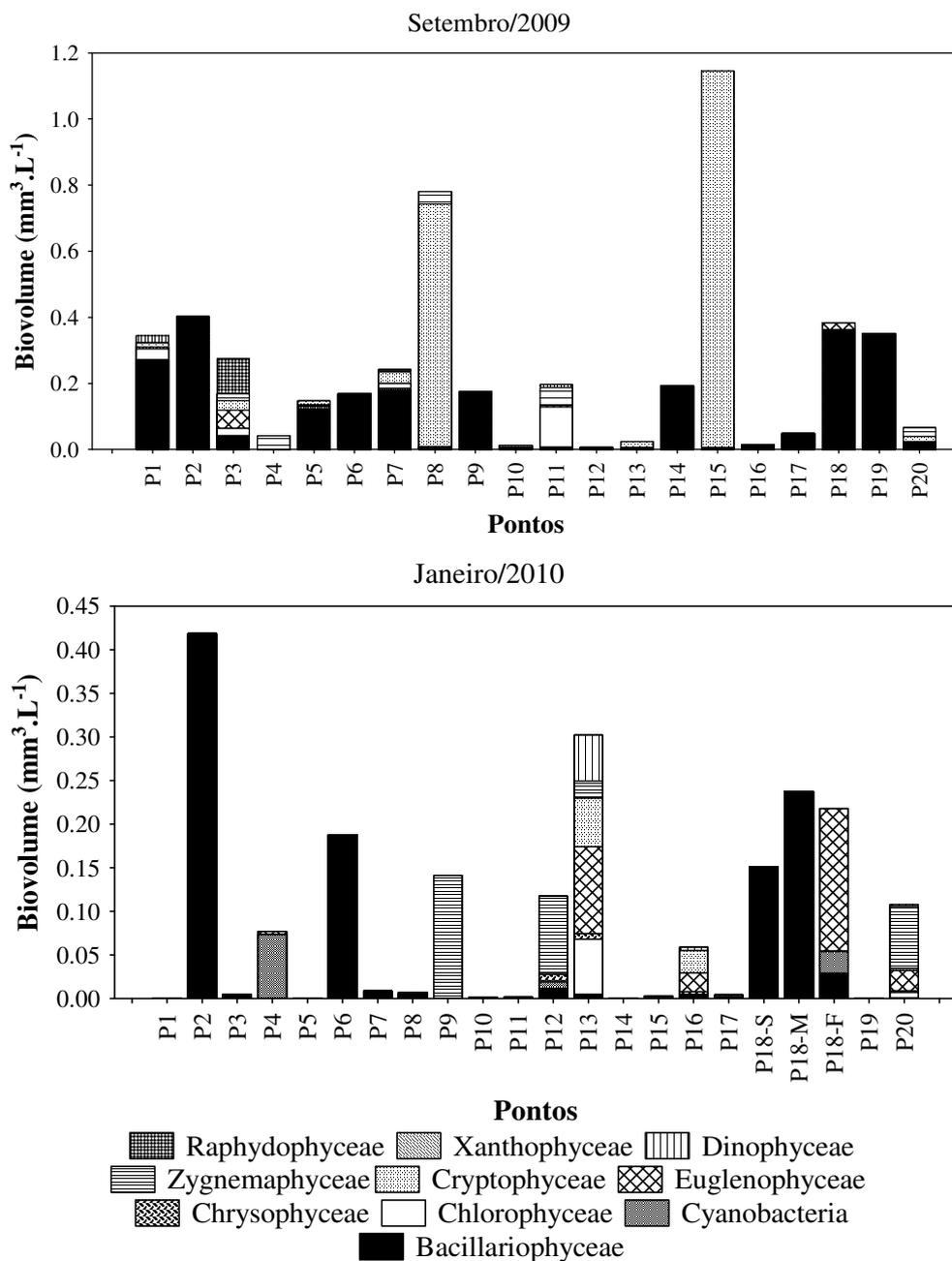
As criptofíceas, representadas principalmente por *Cryptomonas* spp., são favorecidas em condições de mistura da coluna d'água (KLAVENESS, 1988) e possuem alta razão superfície/volume, o que permite rápida absorção de nutrientes (JANSSON *et al.*, 1996). Além disso, podem realizar mixotrofia, o que constitui uma vantagem destas algas em condições de baixa intensidade luminosa. A menor contribuição das criptofíceas em janeiro de 2010, provavelmente se deve ao efeito de diluição promovido pelo aumento do volume de água.

As clorofíceas foram representadas especialmente por Chlorococcales coloniais. Consideradas cosmopolitas, estas algas são favorecidas por apresentarem alta variabilidade morfológica, podendo se desenvolver em diversos habitats (HAPPEY-WOOD, 1988), estando associadas à alta disponibilidade de luz, fósforo e mistura da coluna d'água (REYNOLDS *et al.*, 2002).

Espécies de Zygnemaphyceae ocorrem especialmente associadas a bancos de macrófitas emersas ou submersas ou à vegetação inundada, sendo favorecidas em ambientes com alta disponibilidade de radiação subaquática (HAPPEY-WOOD, 1988). A maior contribuição deste grupo, em janeiro, nos pontos P9, P12 e P20, localizados, respectivamente, no rio Madeira, no rio Cotia e na foz do rio Mutum-Paraná, esteve provavelmente associada à forte influência da região marginal, devido à maior conectividade promovida pelas chuvas.



**Figura 25.** Variação espacial da densidade fitoplânctônica na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.



**Figura 26.** Variação espacial do biovolume fitoplanctônico na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

A baixa representatividade das cianobactérias neste sistema (**Figuras 25 e 26 e Tabela 6**) permitiu enquadrar as águas dos pontos monitorados na classe 2 (biovolume de cianobactérias inferior a  $5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ ), segundo os padrões de qualidade especificados na Resolução CONAMA nº 357/2005.

**Tabela 6.** Densidade (ind.mL<sup>-1</sup>) dos táxons fitoplanctônicos inventariados nos pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau, no mês de janeiro de 2010.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18- S	P18- M	P18- F	P19	P20
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>																						
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim.		26																				
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim.		26																				
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i>						43														52		
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grun.) Holk & Klee								7			3					15						
<i>Cymbella microcephala</i> Grun.								2													48	
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auer.								2				3										
<i>Eunotia</i> sp.																	3					
<i>Fragilaria</i> sp.			1										3									
<i>Gomphonema augur</i> Ehr.																				1		
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.																				52		
<i>Melosira varians</i> Agard.							6															
<i>Navicula schroeterii</i> Meist.			3			1																
<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehr.			3	1				2			3	3				3						3
<i>Navicula</i> sp.							1															
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm.			7																			
<i>Nitzschia</i> sp.																				1		
<i>Pinnularia gibba</i> (Ehr.) Ehr.								1				3										
<i>Surirella</i> sp.												1										
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp.																				52		
Pennales não identificada 1							6															
<b>CYANOBACTERIA</b>																						
<i>Anabaena solitaria</i> Kom.				4																		
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström												3										
<i>Borzia</i> sp.				9																		
<i>Chroococcus minimus</i> (Keis.) Lemm.																1						
<i>Coelomorum tropicale</i> Senn., Peres & Kom.												3										
<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemm.) Kom.								1				3									48	
<i>Snowella atomus</i> Kom. & Hind																3						
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.				36																		
<b>CHLOROPHYCEAE</b>																						
<i>Chlamydomonas</i> sp.													3									6
<i>Closteriopsis</i> sp.										3												
<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schm.) Schm.				9								3										
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. e G.S. West																1						
<i>Desmodesmus hystrix</i> (Lagerh.) Hegew.																1						

**Tabela 6.** Continuação.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18- S	P18- M	P18- F	P19	P20	
<i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm.										3													
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. - Legn.															3								
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.												3				3							6
<i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Smith) Kom.-Legn.												3											
<i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg.															3								
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.													25										
<i>Oocystis</i> sp.													35										3
<i>Scenedesmus acunae</i> Com.												3			3								
<i>Scenedesmus linearis</i> Kom.													1				3						3
<i>Scenedesmus ecornis</i> (Ehr.) Chod.																							3
<i>Scenedesmus javanensis</i> Chod.																							1
Chlorococcales não identificada 1													35										3
Chlorophyceae não identificada													9										
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>																							
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.												3											
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehr.												3	3										
<i>Mallomonas</i> sp. Chrysophyceae não identificada													6			5							3
								2															
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>																							
<i>Euglena</i> sp.													1			3							
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehr.) Lemm.													3										3
<i>Trachelomonas cervicula</i> Stokes																3							
<i>Trachelomonas curta</i> Cunha													19										
<i>Trachelomonas oblonga</i> Lemm.				1									3									48	
<i>Trachelomonas scabra</i> Playf.					1																		
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.																3							
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir.													6			5							
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>																							
<i>Chroomonas</i> sp.												10											
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. & Bic.													6										
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehr. Emend. Pen.													9			1							
<i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja					1		5		1				85		10	10	1						13
<i>Cryptomonas</i> sp.											1		9			56							
<i>Cryptomonas</i> sp2													3										
<b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>																							
<i>Bambusina</i> sp.													6										
<i>Closterium</i> sp.								63															
<i>Cosmarium punctulatum</i> Bréb.													3										
<i>Cosmarium regnesi</i> Reins.													3										

**Tabela 6.** Continuação.

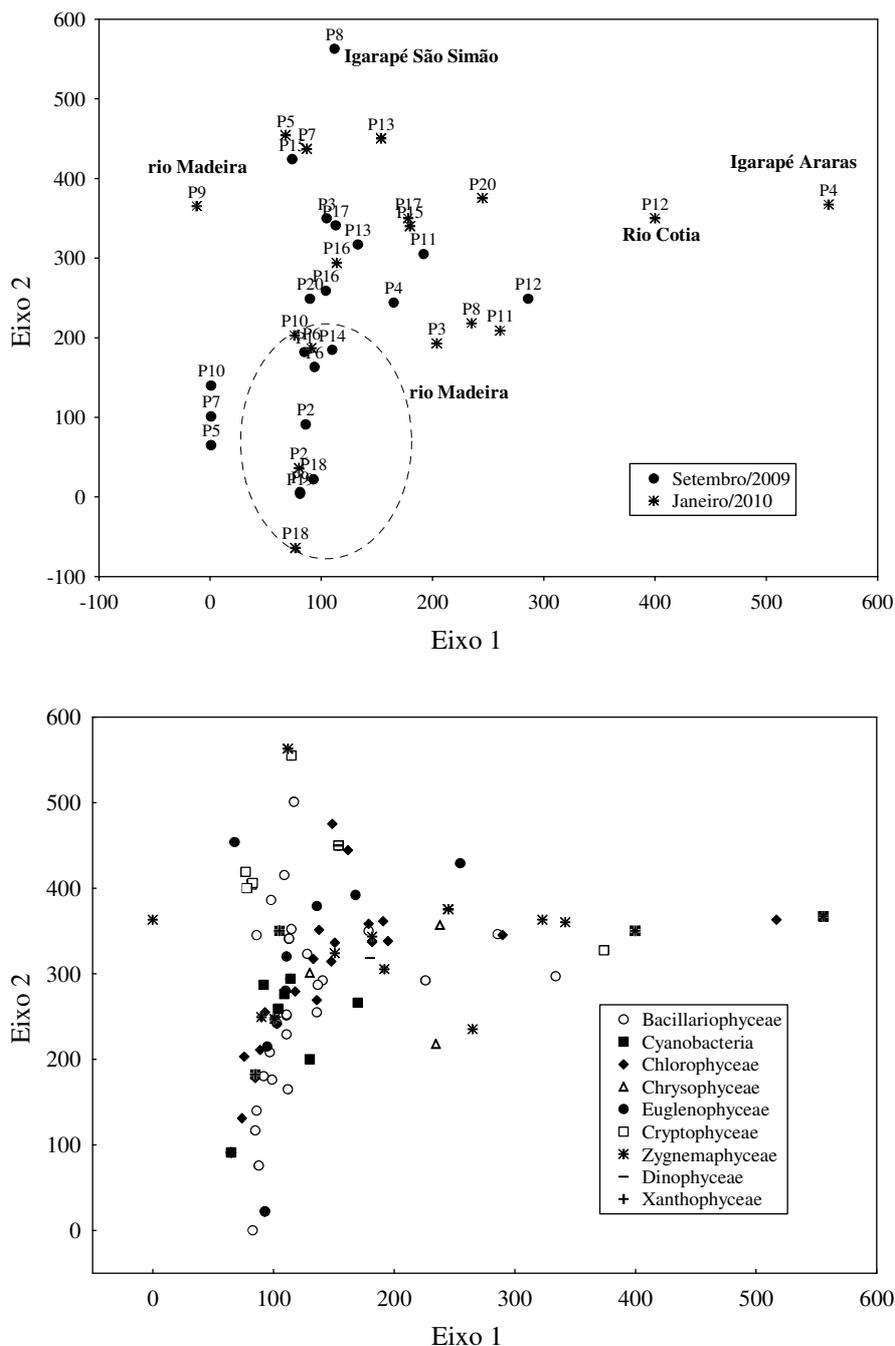
Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18- S	P18- M	P18- F	P19	P20	
<i>Cosmarium spagnicolum</i> West & West												1											
<i>Desmidium laticeps</i> Nordst.				2																			
<i>Euastrum elegans</i> (Bréb.) Kütz.			1																				
<i>Staurastrum excavatum</i> West & G. S. Oeste																							1
<i>Staurastrum pseudotetracerum</i> (Nordst.) West & G.S.West												16											
<i>Staurastrum quadrangulare</i> Bréb.												3											
<i>Staurastrum tetracerum</i> (Kütz.) Ralfs var. <i>tetracerum</i>												3											3
<i>Staurastrum volans</i> W. & GS West												3											
<i>Stauroidesmus triangularis</i> (Lagerh.) Teil.																							6
<i>Stauroidesmus curvatus</i> Forst.												10											6
<i>Stauroidesmus cuspidatus</i> (Breb.) Teil.																							1
<i>Stauroidesmus dejectus</i> (Bréb.) Teil.												3											
<i>Stauroidesmus</i> sp.																							3
<b>DINOPHYCEAE</b>																							
<i>Peridinium</i> sp.													1										
<i>Peridinium</i> sp1															5	3							3
<i>Peridinium</i> sp2													60										

#### 4.6.1.2 Análise de Correspondência (DCA)

Os escores obtidos por meio da Análise de Correspondência (DCA) para os pontos de coleta e densidade dos táxons fitoplanctônicos (**Figuras 27a e 27b**) foram interpretados utilizando-se os 02 (dois) primeiros eixos.

Observou-se baixa dispersão dos escores dos meses de coleta e das espécies fitoplanctônicas, evidenciando baixa variação temporal da composição fitoplanctônica no rio Madeira. Já para os tributários, a variação temporal foi mais evidente, especialmente influenciada pela maior representatividade das zignemafíceas e clorofíceas no igarapé Araras e no rio Cotias.

Um gradiente espacial da comunidade fitoplânctonica foi evidenciado, com a diferenciação dos pontos localizados no rio Madeira daqueles localizados nos tributários. Estes resultados foram determinados pela maior representatividade de Bacillariophyceae no rio Madeira e maior complexidade taxonômica nos tributários (**Figura 27b**).



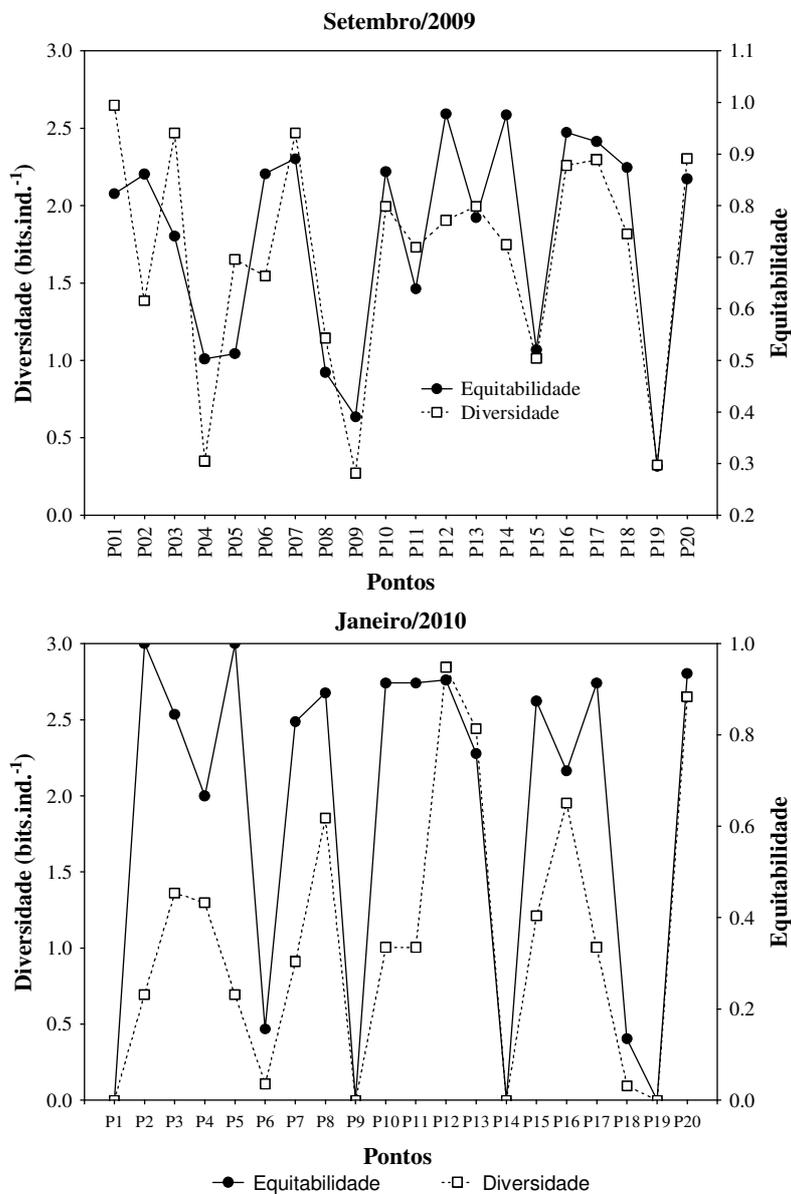
**Figura 27.** Dispersão dos escores nos pontos de coleta (a) e dos táxons fitoplanctônicos ao longo dos 02 (dois) primeiros eixos da DCA (b).

#### 4.6.1.3. Diversidade de Espécies e Equitabilidade

Os resultados obtidos para o índice de diversidade de Shannon e equitabilidade para a comunidade fitoplanctônica em janeiro de 2010 mostraram baixos valores nos pontos localizados no rio Madeira, sendo muito inferiores aos verificados na primeira amostragem (**Figura 28**).

Os maiores valores de diversidade ocorreram nos tributários, como o verificado em setembro de 2009. Em janeiro de 2010, os valores de diversidade nos tributários variaram de 0,69 bits.ind<sup>-1</sup>, no ponto P5, localizado no rio Abunã, a 2,8 bits.ind<sup>-1</sup>, no ponto P12, localizado no rio Cotia. No ponto P20, situado na foz do rio Mutum-Paraná, também ocorreu alta diversidade, como também verificado na primeira campanha de campo (**Figura 28**).

Os valores de equitabilidade foram altos nos tributários, como geralmente é registrado em rios, haja vista que as condições lóxicas não são favoráveis à dominância de espécies fitoplanctônicas (**Figura 28**).



**Figura 28.** Variação espacial da diversidade de espécies e equitabilidade na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

#### 4.6.1.4. Cyanobacteria

As cianobactérias podem desenvolver florações em condições de estabilidade da coluna d'água, altas temperaturas e alta concentração de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo (CODD *et al.*, 2005), as quais têm sido registradas após a formação dos reservatórios em rios do mundo todo. Portanto, o monitoramento desse grupo de algas é essencial.

Em janeiro de 2010, as cianobactérias ocorreram em 65% das amostras coletadas com rede e em 25% das amostras quantitativas (**Tabela 7**) e foram representadas por táxons tipicamente planctônicos, toxigênicos e característicos de ambientes eutróficos (RODRIGUES *et al.*, 2005), dentre estes, *Anabaena*, *Aphanocapsa*, *Chroococcus*, *Planktolyngbya* e *Planktothrix*, os quais também ocorreram nas amostras coletadas no mês de setembro de 2009. A densidade de cianobactérias foi inferior a 300 células.mL<sup>-1</sup> (**Tabela 7**).

**Tabela 7.** Densidade (células.mL<sup>-1</sup>) de cianobactérias nos pontos monitorados na área de influência do futuro AHE Jirau, no mês de janeiro de 2010.

Táxons	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18- S	P18- M	P18- F	P19	P20	
<b>CYANOBACTERIA</b>																							
<i>Anabaena solitaria</i> Kom.				40																			
<i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström												24											
<i>Borzia</i> sp.				27																			
<i>Chroococcus minimus</i> (Keis.) Lemm.																8							
<i>Coelomorum tropicale</i> Senn., Peres & Kom.												60											
<i>Pseudanabaena</i> <i>limnetica</i> (Lemm.) Kom.								6				18									288		
<i>Snowella atomus</i> Kom. & Hind																24							
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.				36																			
<b>Total de células</b>				<b>103</b>				<b>6</b>				<b>102</b>				<b>32</b>							<b>288</b>

A baixa representatividade das cianobactérias em densidade e biomassa (**Figuras 25 e 26 e Tabelas 6 e 7**) permitiu classificar as águas dos pontos monitorados na classe 2, para a qual os valores de densidade de cianobactérias devem ser inferiores a 50.000 cél.mL<sup>-1</sup> e biovolume inferior a 5 mm<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>, considerando a Resolução CONAMA n° 357/2005.

## **4.6.2. Zooplâncton**

### **4.6.2.1. Composição**

Os resultados das análises de composição zooplanctônica das 22 amostras coletadas em janeiro de 2010, relativas aos 20 pontos de amostragem do Programa de Monitoramento Limnológico, evidenciaram a ocorrência de 140 táxons, destacando-se, assim como na primeira campanha de campo, os rotíferos, com 70 espécies (50%), seguidos por protozoários testáceos, com 43 espécies (cerca de 30%), cladóceros, com 21 (15%) espécies, e copépodes, com 06 (seis) espécies (cerca de 5%) (**Tabela 8**). O número total de espécies registrado em janeiro de 2010 é muito similar ao observado em setembro de 2009 (135 espécies), destacando-se o incremento no número de espécies de rotíferos. Ressalta-se, no entanto, um esforço maior neste segundo período de amostragem, pois o ponto P18, localizado no rio Madeira, foi analisado em 03 (três) profundidades (superfície, 2 metros -final da zona eufótica, e 24 metros de profundidade -fundo).

A maior diversidade de rotíferos é recorrente e tem sido registrada em diversos estudos sobre o zooplâncton de água doce, incluindo lagos, rios e reservatórios (LANSAC-TÔHA *et al.*, 1999; 2004; 2005; NOGUEIRA, 2001; SAMPAIO *et al.*, 2002; VELHO *et al.*, 2005; VIEIRA *et al.*, 2007).

Em janeiro de 2010, um grande número de espécies ticoplanctônicas (ou pseudoplanctônicas) foi novamente registrado nas amostras de plâncton coletadas na área de estudo, especialmente espécies de protozoários testáceos, rotíferos e cladóceros (**Tabela 8**). A grande representatividade destes organismos decorre do fato de que, em um rio, a velocidade com que os mesmos são exportados rio abaixo, pela correnteza, é freqüentemente muito mais elevada que a reposição de indivíduos via reprodução, o que limita o estabelecimento de populações verdadeiramente planctônicas (MARZOLF, 1990). Desta forma, a composição de espécies do zooplâncton de ambientes lóticos é fortemente influenciada pela presença de espécies que têm como habitat preferencial o sedimento ou a vegetação litorânea, e que são carregadas para a coluna d'água, a medida que são deslocadas da vegetação marginal ou do sedimento pelo fluxo de água.

**Tabela 8.** Inventário de espécies zooplantônicas identificadas e suas respectivas densidades (indivíduos/m<sup>3</sup>) nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010 (S = superfície; M = meio; F = fundo).

TÁXONS \ PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20
<b>TESTACEA</b>																						
<b>Arcellidae</b>																						
<i>Arcella artocrea</i>			80	1	20					20	1			1	20	40			1	40		
<i>A. brasiliensis</i>			40				20								60							
<i>A. vulgaris</i>	20			1		40		1	1	20												40
<i>A. vulgaris undulata</i>					1		40						3									1
<i>A. megastoma</i>			40	1		40			20	1	40	1			1	3				1		1
<i>A. discoides</i>	20	80	200	120	40	240	40	60	60	80	20	1		40	80	200	20	2	80	40	1	40
<i>A. conica</i>			200													2						
<i>A. costata</i>			80		1	80		1		80	20	1	1		20	40				40		1
<i>A. crenulata</i>										40			320		80	2						10
<i>A. gibbosa</i>																120						
<i>A. hemisphaerica</i>	20	40		40					2	100	20	20			100	640		1				
<i>A. mitrata espectabilis</i>																						1
<i>A. cf. penardi</i>			240												20							40
<b>Centropyxidae</b>																						
<i>Centropyxis aerophyla</i>						40		1						80								10
<i>C. aculeata</i>	40	240	440	120	40	280	40	40	220	80	60	20	320	360	60	160	20	200	80	160	240	30
<i>C. cf. cassis</i>																					40	
<i>C. ecomis</i>	40	200	40	120	20	320	1		100	60	20	20	1	160			20	40	1	80	80	10
<i>C. constricta</i>				80					20											120		
<i>C. discoides</i>				1																		
<i>C. platystoma</i>														80								
<b>Trigonopyxidae</b>																						
<i>Cyclopyxis impressa</i>				1											20							
<i>C. kahli</i>	20	80		40		200		1	80		20			40				120	40	1	120	
<b>Diffflugidae</b>																						
<i>Diffflugia acuminata</i>				1																		
<i>D. cf. bicruris</i>				1																		
<i>D. corona</i>		1					1		20			1	1			2		1	1			1
<i>D. echinulata</i>					1																	
<i>D. elegans</i>														40								
<i>D. cf. globularis</i>															60		200					
<i>D. gramem</i>						1					1			40			20					
<i>D. lanceolata</i>			1			1																
<i>D. litophyla</i>		1					20									1						
<i>D. lobostoma</i>		1	1																			
<i>D. cf. muriculata</i>																						10
<i>D. pseudogramem</i>															20							
<i>D. cf. stellastoma</i>	20		80																			10
<i>Diffflugia sp.</i>				1							20			1								
<i>Hoogenraadia criptosomica</i>	1													1								
<b>Euglyphidae</b>																						
<i>Euglypha acantophora</i>								1														
<i>E. filifera</i>																						10
<b>Hyalosphaenidae</b>																						
<i>Nebella sp.</i>						1			20					1						40		
<b>Lesquereusidae</b>																						
<i>Lesquereusia spiralis</i>			40		1																	
<b>Plagiopyxidae</b>																						
<i>Plagiopyxis cf. callida</i>												20										
<i>Plagiopyxis sp.</i>	1	1				40			140			40		40				160	40	1	120	10
<b>TOTAL</b>	<b>182</b>	<b>644</b>	<b>1482</b>	<b>528</b>	<b>124</b>	<b>1283</b>	<b>162</b>	<b>105</b>	<b>683</b>	<b>481</b>	<b>202</b>	<b>144</b>	<b>646</b>	<b>884</b>	<b>541</b>	<b>1210</b>	<b>280</b>	<b>524</b>	<b>403</b>	<b>363</b>	<b>683</b>	<b>143</b>
<b>ROTIFERA</b>																						
<b>Brachionidae</b>																						
<i>Brachionus angularis</i>		1																				
<i>B. caudatus</i>																			1			
<i>B. dolabratus</i>						1								1								
<i>B. mirus</i>	20					40			20									40	1	40	40	1
<i>B. quadridentatus</i>					1							20									1	
<i>B. zahnenseri</i>	20				3220	360	160	5	200	220	20	20	93440	760	120		40		1			670
<i>Keratella americana</i>									20											1	1	
<i>K. cochlearis</i>								20		20					1							
<i>K. lenzi</i>				40																		
<i>K. tropica</i>						1			20												40	10
<i>P. patulus patulus</i>		1						20	20		1											
<i>Plathyas quadricornis</i>		40		2				20		20	2	1			3	1	40	40	2	1	1	

**Tabela 8.** Continuação.

TÁXONS \ PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20
<b>Conochilidae</b>																						
<i>Conochilus coenobasis</i>					20		1	40								760						80
<b>Epiphanidae</b>																						
<i>Epiphanis</i> sp.									1		3									40	1	10
<b>Colurellidae</b>																						
<i>Corurella</i> sp.										20												
<b>Euclanidae</b>																						
<i>Euclanis dilatata</i>				40				2							20							
<i>Euclanis incisa</i>					1																	
<i>Dipleuchlanis propatula</i>			1					1		2	1					1	1		1			
<b>Filinidae</b>																						
<i>Filinia longiseta</i>		1			480			1	60	120				1		40	20				160	
<i>F. cf. terminalis</i>					980	160				60	100	40	960	1	60		20					120
<b>Floscularidae</b>																						
Floscularidae n identificado							20								1							
<i>Pytigura</i> sp.						1																
<b>Hexarthridae</b>																						
<i>Hexarthra mira</i>																						10
<b>Lecanidae</b>																						
<i>Lecane bulla</i>	20	80	200	40	60	1	20	20	80	100	3	80		40	160	160	40	40	80	1	3	2
<i>L. cornuta</i>		40		1					20	20	1		1			2						20
<i>L. curvicornis</i>	40		40	200	20				100	2	20	2		1	40	240	1			1	40	
<i>L. elsa</i>																						10
<i>L. cf. hamata</i>										20												
<i>L. cf. hornemmani</i>														1								
<i>L. leontina</i>		1	1	1			1		20		20					1	1					
<i>L. ludwigi</i>						1		1		1	1	20		40	20	120	60				40	
<i>L. cf. luna</i>	40	1					20							1	20	40		1				
<i>L. lunaris</i>			1						40	1	40					1					1	1
<i>L. monostyla</i>																						10
<i>L. cf. murrayi</i>							1		1						80	160	20					
<i>L. papuana</i>						40								40								
<i>L. proiecta</i>	1													1			1					
<i>L. quadridentata</i>								1		20	1						20	40				
<i>L. signifera</i>																						10
<i>L. stenroosi</i>				40																		
<b>Lepadelidae</b>																						
<i>Lepaella ovalis</i>			40		1		1	20		40	20				40							40
<i>L. benjamini</i>				120						20	1	80			20		20					20
<b>Philodinidae</b>																						
Bdeloidea	60	160	80	120	120	40	40	3	180	160	80	40	1280	360	40	200	20	200	40	80	120	40
<b>Proalidae</b>																						
<i>Proales</i> sp.																						1
<b>Dicranophoridae</b>																						
<i>Dicranophorus cf. urcinatus</i>							1															
<i>Dicranophorus</i> sp.			1				1		20					40								10
<i>Encentrum</i> sp.										20												
<b>Mytilinidae</b>																						
<i>Mytilinia cf. acantophora</i>				1						20												
<i>M. macrocera</i>							1			1					1	1	40					2
<i>M. ventralis</i>				40				60		20	20			40	40	40	20					
<b>Notommatidae</b>																						
<i>Cephalodella</i> sp.		80	40	40	20			1		40	40					80	20				1	1
<i>Notommata</i> sp.								20														
<i>Monommata cf. aequalis</i>				1			1		20	2						1	40					
<b>Synchaetidae</b>																						
<i>Polyarthra vulgaris</i>													18240									
<i>Synchaeta</i> sp.							1						2240									
<i>Ploesoma truncatum</i>												20			20	40						
<b>Testudinellidae</b>																						
<i>Testudinella patina</i>	20	80	1	280	2	2	20	20	1	40	20	20			2	1	4				1	20
<i>T. tridentata</i>							1		1						1		40					
<b>Trichocercidae</b>																						
<i>Trichocerca bicristata</i>				20				20		1						1						
<i>T. cf. capuccina</i>																	1					
<i>T. chatoni</i>							1		20													
<i>T. cf. insignis</i>											20											
<i>T. similis</i>				20			20	1														

**Tabela 8.** Continuação.

TÁXONS \ PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20	
<i>T. cf. tigris</i>								1															
<i>Trichocerca</i> sp.				1								1		1	20		20					20	
<i>Manfredium eudactilodum</i>										20		1											
<b>Trichotridae</b>																							
<i>Macrochaetus sericus</i>																						10	
<i>Trichotria tetractis</i>			1	40	1		2	20	2	20	1	20			60		1					10	
rotífero n identificado			40							1		1			40						1		
<b>Trochosphaeridae</b>																							
<i>Horaella</i> cf. <i>thomassoni</i>								1															
<b>TOTAL ROTÍFEROS</b>	<b>221</b>	<b>485</b>	<b>446</b>	<b>967</b>	<b>5005</b>	<b>648</b>	<b>332</b>	<b>279</b>	<b>806</b>	<b>1030</b>	<b>396</b>	<b>426</b>	<b>116161</b>	<b>1328</b>	<b>809</b>	<b>1890</b>	<b>491</b>	<b>361</b>	<b>126</b>	<b>164</b>	<b>451</b>	<b>1127</b>	
<b>CLADOCERA</b>																							
<b>Bosminidae</b>																							
<i>Bosmina hagmanni</i>							1			1			960	1		40						120	
<i>B. tubincen</i>					620					1			7360									1	
<i>Bosminopsis deitersi</i>	1	1	2	160	240		1	2	20	20	20	80	2		1	7	3		40			1	
<b>Daphnidae</b>																							
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>			200		80			20		20			320	1	1							90	
<b>Sididae</b>																							
<i>Diaphanosoma brevereme</i>					20																		
<i>Diaphanosoma</i> sp.						1	1	1	1						20								
<b>Chydoridae</b>																							
<i>Alona</i> sp.			80		20			1						40									
<i>Alonella</i> cf. <i>hamulata</i>				2				1		1					20								
<i>Camptocercus</i> cf. <i>australis</i>																						1	
<i>Chydorus eurynotus</i>			1				20	1			1	20	320		1	40	80						
<i>C. hydorus</i> sp.																						10	
<i>Disparalona dadayi</i>				280	60		1	2	20	3		1			40	4	3						
<i>Dunhevedia odonoplax</i>																1							
<i>Ephemeropurus</i> cf. <i>barroisi</i>																						1	
<i>Euryalona brasiliensis</i>																40							
<i>Leidygiopsis</i> cf. <i>curvirostris</i>				1																			
<i>Nicsmirmovllus fitzpatricki</i>			40																				
<i>Notoalona sculpita</i>			1				5			1					1								
<b>Ilyocryptidae</b>																							
<i>Ilyocryptus spinifer</i>			1	40	20																	1	
<b>Macrothrycidae</b>																							
<i>Macrothryxis</i> cf. <i>elegans</i>										20												1	
<b>Moinidae</b>																							
<i>Moina minuta</i>					60	1																10	
<b>TOTAL CLADÓCEROS</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>325</b>	<b>483</b>	<b>1120</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>41</b>	<b>67</b>	<b>21</b>	<b>101</b>	<b>8962</b>	<b>42</b>	<b>85</b>	<b>131</b>	<b>90</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>233</b>	
<b>COPEPODA</b>																							
<b>Cyclopidae</b>																							
<i>Ectocyclops</i> sp.															1								
<i>Thermocyclops minutus</i>		40					1		20					1			20	40	40	40	4		
<i>T. decipiens</i>	20	1			1				20					1									
<i>Mesocyclops</i> sp.	20								1														
<i>Mycrocyclops</i> sp.	1	40																				1	
Náuplio de Cyclopoida	120	80	120	520	260	40		20	140	280	100	20	3520	200	220	520	1	40	40	40	80	80	
Copepoditode																							
Cyclopoida	80	2	1	1	60	2	1		20	1	1		1280			160	3	80	40	40	80	10	
<b>Diaptomidae</b>																							
<i>Notodiaptomus</i> sp.	1															1							
Náuplio de Calanoida			40		20				20				640		20	200	20	1				6	20
Copepodito de Calanoida	1				40	1		1					6	1		4		1				2	10
<b>TOTAL COPÉPODES</b>	<b>243</b>	<b>163</b>	<b>161</b>	<b>521</b>	<b>381</b>	<b>43</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>221</b>	<b>281</b>	<b>101</b>	<b>20</b>	<b>5446</b>	<b>204</b>	<b>240</b>	<b>885</b>	<b>45</b>	<b>162</b>	<b>160</b>	<b>120</b>	<b>172</b>	<b>120</b>	

Em janeiro de 2010, os protozoários testáceos estiveram representadas por 08 (oito) diferentes famílias, destacando-se os Difflugiidae, Arcellidae e Centropyxidae

como as famílias mais especiosas (**Tabela 8**). Tal resultado constitui um padrão recorrente em diferentes compartimentos de distintos ambientes dulcícolas como lagos, rios e reservatórios (VELHO *et al.* 1999; LANSAC-TÔHA *et al.*, 2007; VIEIRA *et al.*, 2007).

Entre os rotíferos, foram registradas 20 famílias, destacando-se, em janeiro de 2010, os Lecanidae, Brachionidae e Trichocercidae (**Tabela 8**). Esse resultado coaduna com aqueles obtidos em diferentes estudos sobre o zooplâncton de ambientes dulcícolas tropicais (LANSAC-TÔHA *et al.* 2004).

Os cladóceros foram representados por 07 (sete) famílias, destacando-se, mais uma vez, em janeiro de 2010, os Chydoridae e os Bosminídae (**Tabela 8**). Como relatado para o período anterior, os quidorídeos são tipicamente litorâneos, enquanto que os bosminídeos são tipicamente planctônicos, característicos do plâncton de lagos e reservatórios brasileiros (LANSAC-TÔHA *et al.*, 2004).

Similarmente aos resultados obtidos em setembro de 2009, em janeiro de 2010, os copépodes foram representados principalmente pelos Cyclopidae, preponderantemente litorâneos, com 05 (cinco) espécies, enquanto que os Diaptomidae, característicos do plâncton lacustre, estiveram representados por apenas 01 (uma) espécie (**Tabela 8**).

De maneira geral, os resultados de composição do zooplâncton obtidos em janeiro de 2010 foram similares àqueles registrados no primeiro período de amostragem, evidenciando uma comunidade típica de rios de grande porte (LANSAC-TÔHA *et al.*, 2004), considerando a grande contribuição de espécies oriundas do sedimento e região litorânea, mas também com um elevado número de espécies planctônicas provenientes, muito provavelmente, de ambientes lênticos ou remansos associados ao rio Madeira e, especialmente, aos tributários incluídos no delineamento amostral.

#### **4.6.2.2. Riqueza de espécies**

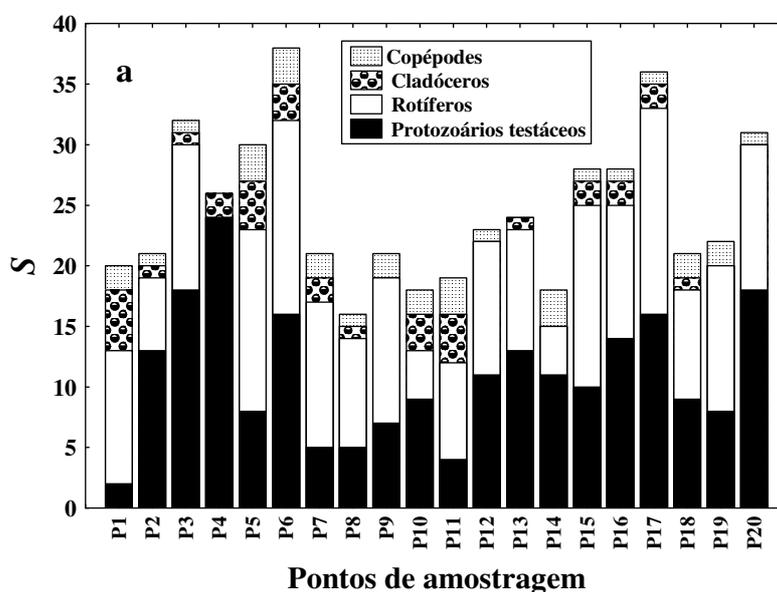
Assim como observado para a composição, em janeiro de 2010, os resultados de riqueza de espécies evidenciaram o predomínio de rotíferos e protozoários testáceos em todos os pontos de amostragem (**Figura 29**). Resultado semelhante foi obtido na primeira campanha de campo do Programa, iniciada em setembro de 2009. Temporalmente, os resultados evidenciaram, de maneira geral, um incremento da riqueza dos rotíferos, enquanto que os testáceos apresentaram uma redução em sua

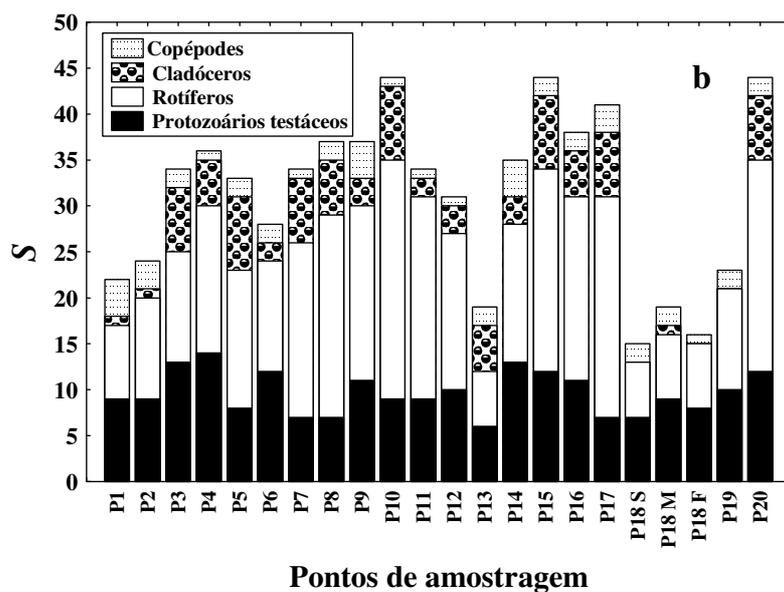
contribuição para a riqueza de espécies nos diferentes pontos de amostragem (**Figura 29**).

A análise da distribuição espacial da riqueza de espécies, em janeiro de 2010, evidenciou valores variando entre 15 e 44 espécies (**Figura 29**), com uma média aproximada de 31 espécies para a área de estudo. Esses resultados representam um incremento substancial da riqueza de espécies, considerando o valor máximo de 38 e uma média de 25 espécies registrados em setembro de 2009.

Espacialmente, os maiores valores de riqueza de espécies, em janeiro de 2010, foram observados nos igarapés Castanho (ponto P10), São Lourenço (ponto P15) e Jirau (ponto P17), e ainda na foz do rio Mutum-Paraná (ponto P20) (**Figura 29**). Por outro lado, os menores valores deste atributo foram observados no rio Mamoré (ponto P1), na área alagada do rio Mutum-Paraná (ponto P13) e, especialmente, no rio Madeira, a montante (ponto P18) e a jusante (pontos P19) (**Figura 29**).

A análise da distribuição vertical deste atributo, no rio Madeira, baseada nas amostras tomadas em 03 (três) diferentes profundidades neste rio, no ponto P18, não evidenciou diferenças representativas entre as 03 (três) profundidades, especialmente no que diz respeito à participação dos diferentes grupos. Em relação à riqueza total, valores ligeiramente maiores foram evidenciados na camada intermediária da coluna d'água.





**Figura 29.** Distribuição espacial da riqueza de espécies do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 (a) e janeiro de 2010 (b). (S = superfície; M = meio; F = fundo).

#### 4.6.2.3. Densidade

Corroborando os resultados obtidos no período anterior de amostragem, em janeiro de 2010, os valores de abundância do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau foram relativamente baixos, na maioria dos pontos de amostragem. Uma exceção foi observada na área alagada do rio Mutum-Paraná, no ponto P13, onde densidades superiores a 100.000 indivíduos/m<sup>3</sup> foram registradas (**Figura 30**). Em janeiro de 2010, a densidade zooplanctônica variou entre 433 e 131.215 indivíduos/m<sup>3</sup> (**Figura 30**), com média aproximada de 7.598 indivíduos/m<sup>3</sup> para a área de estudo. Esta média foi quase 02 (duas) vezes superior àquela observada em setembro de 2009 (4.062 indivíduos/m<sup>3</sup>).

Apesar de um incremento substancial da densidade do zooplâncton observado em janeiro de 2010, os resultados são ainda inferiores aos observados em outros grandes rios, como o rio Paraná, onde os valores obtidos foram em torno de 12.000 indivíduos/m<sup>3</sup> (LANSAC-TÔHA *et al.*, 2004). Deve-se considerar, no entanto, a grande influência de outros sistemas aquáticos associados ao rio Paraná (e.g., lagoas e tributários da planície de inundação).

Reduzidos valores de densidade são característicos de ambientes lóticos, tendo em vista que espécies verdadeiramente planctônicas não desenvolvem grandes populações em tais ambientes (BASU e PICK, 1996; KOBAYASHI *et al.*, 1998), sendo a comunidade zooplanctônica representada, principalmente, por organismos pseudo-planctônicos. Segundo Layr e Reyes-Marchant (1997), o zooplâncton de rio é abundante

apenas quando o tempo de residência da água é suficientemente elevado para permitir o crescimento e reprodução dos organismos, existindo uma relação positiva e significativa entre o tempo de residência e a abundância zooplanctônica.

Espacialmente, os maiores valores de densidade do zooplâncton, em janeiro de 2010, foram registrados nos pontos localizados no rio Abunã (ponto P5) e na área alagada do rio Mutum-Paraná (ponto P13) (**Figura 30**). Por outro lado, os menores valores desse atributo foram observados, novamente, nos igarapés São Simão, Simãozinho e Jirau (pontos P8, P7 e P17, respectivamente), nos rios Cotia (ponto P12) e Mutum-Paraná (ponto P11) e, ainda, no rio Madeira (ponto P18, nas diferentes profundidades amostradas) (**Figura 30**).

Em relação à distribuição vertical da densidade, assim como para a riqueza de espécies, não foram observadas diferenças expressivas entre as distintas profundidades amostradas no rio Madeira, no ponto P18 (**Figura 30**).

Os protozoários testáceos e rotíferos foram, mais uma vez, os grupos predominantes em termos de abundância, na maioria dos pontos de amostragem. Exceções a este padrão foram observadas nas áreas com maior densidade de zooplâncton em janeiro de 2010, no rio Abunã (ponto P5) e na região alagada do rio Mutum-Paraná (ponto P13), onde rotíferos e microcrustáceos predominaram (**Figura 30**). Esse resultado sugere o predomínio de condições lânticas ou, pelo menos, forte redução na velocidade de corrente nestas regiões, neste último período de amostragem.

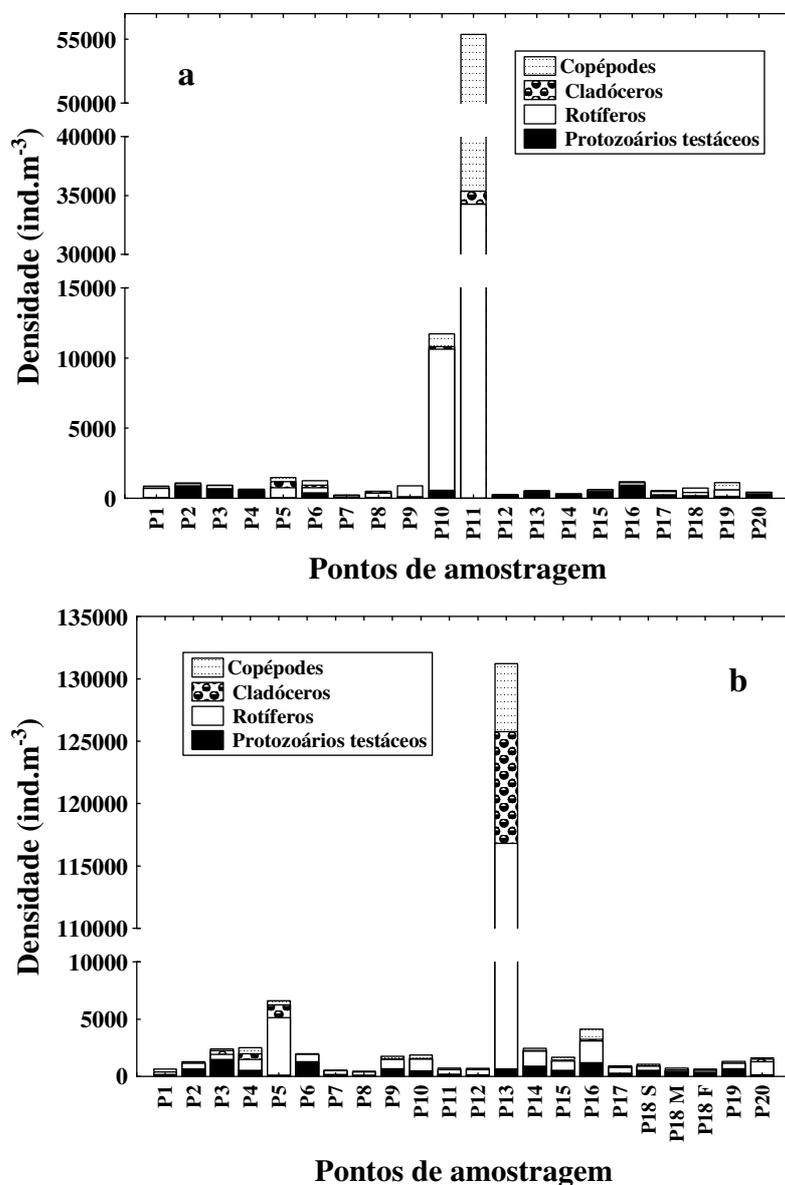
Os testáceos estiveram mais bem representados nos pontos P2 (rio Madeira), P3 (igarapé Ribeirão), P6 (rio Madeira) e P16 (igarapé Caiçara), destacando-se, novamente, para este grupo, as espécies *Centropyxis aculeata*, *C. ecornis* e *Arcella discoides* (**Tabela 8**).

Os rotíferos, predominantes em termos de densidade na maioria dos pontos de coleta, foram especialmente abundantes nos pontos localizados no rio Abunã e na área alagada do rio Mutum-Paraná (**Figura 30 e Tabela 8**). Neste grupo, destacaram-se, em janeiro de 2010, as espécies *Brachionus zahnenseri* e *Filinia cf. terminalis* e, ainda, os bdelóideos, como os táxons mais frequentes e abundantes. Além destes, uma elevada densidade de *Polyarthra vulgaris* foi registrada, essencialmente, na região alagada do rio Mutum-Paraná (ponto P13) (**Tabela 8**).

Entre os cladóceros, que foram também abundantes no rio Abunã e na área alagada do rio Mutum-Paraná destacaram-se, novamente, em janeiro de 2010, as

espécies tipicamente planctônicas da família Bosminidae, especialmente a *Bosmina tubincen* (Tabela 8).

Os copépodes também mostraram elevadas densidades na área alagada do rio Mutum-Paraná, destacando-se, para este grupo, suas formas jovens (náuplios e copepoditos) (Tabela 8). A dominância de náuplios e também de copepoditos, em relação aos adultos, é freqüentemente registrada em corpos d'água doce brasileiros (CABIANCA e SENDACZ, 1985; LOPES *et al.*, 1997; LANSAC-TÔHA *et al.*, 1997, 1999, 2004, 2005), sendo a produção de um grande número de formas larvais considerada uma estratégia reprodutiva do grupo (CABIANCA e SENDACZ, 1985).

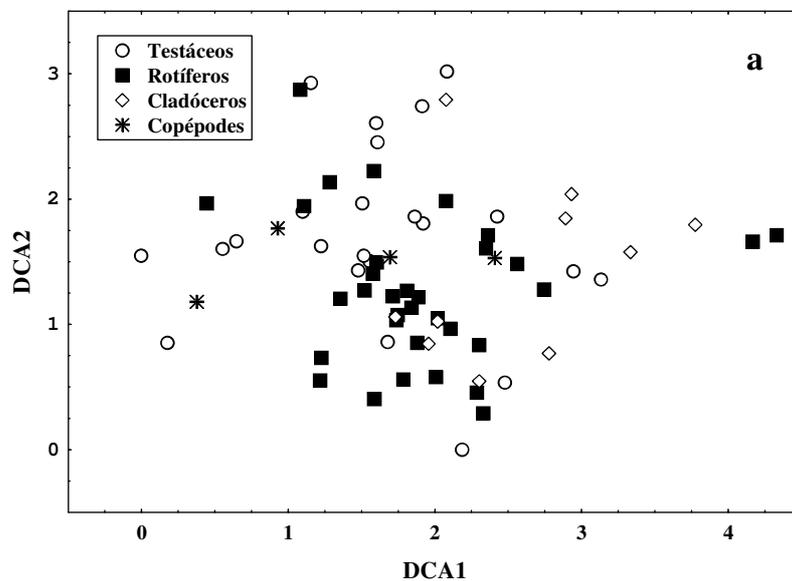


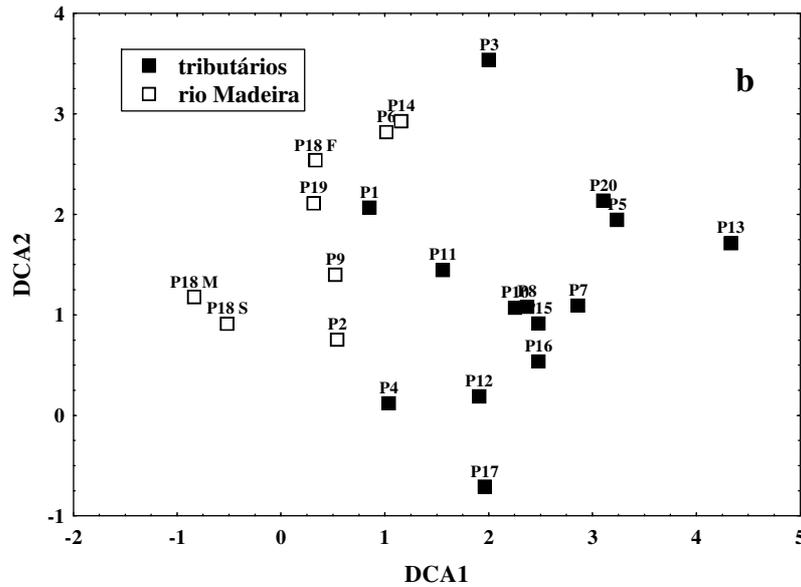
**Figura 30.** Distribuição espacial da densidade do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 (a) e janeiro de 2010 (b). (S = superfície; M = meio; F = fundo).

Em relação aos adultos, ao contrário do observado em setembro de 2009, os ciclopídeos foram amplamente dominantes (**Tabela 8**). Para estes copépodes, destaca-se, novamente, a ocorrência de *Thermocyclops decipiens* e *T. minutus* (**Tabela 8**). O predomínio da segunda espécie, embora pouco expressivo, sugere, a princípio, uma boa qualidade ambiental para a área de influência do AHE Jirau.

Os resultados de uma Análise de Correspondência (DCA) indicaram que os tributários (com escores positivos) apresentaram composições de espécies diferentes daquelas registradas nos rios Mamoré e Madeira (com escores preponderantemente negativos) (**Figura 31**). Resultados similares foram obtidos com os dados abióticos, conforme pode ser verificado na **Figura 23**.

Tal padrão de distribuição das unidades amostrais está associado à ocorrência de espécies de testáceos que estiveram, em geral, relacionadas negativamente ao eixo 1 da DCA, caracterizando assim a estrutura da comunidade zooplanctônica na calha principal do rio Madeira (**Figura 31a**). Por outro lado, rotíferos e cladóceros (com escores preponderantemente positivos) parecem caracterizar a estrutura da comunidade na maioria dos tributários analisados (**Figura 31a**). Destaca-se para este grupo de amostras, os pontos de maior abundância (P5 e P13), mais positivamente correlacionados ao eixo 1 da DCA (**Figura 31**).





**Figura 31.** Distribuição dos escores dos principais táxons zooplantônicos (a) e dos pontos de amostragem (b), derivados de uma Análise de Correspondência (DCA) realizada a partir dos dados de densidade das espécies zooplantônicas obtidos na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010 (S = superfície; M = meio; F = fundo).

#### 4.6.2.4. Biomassa

Os resultados obtidos para a biomassa do zooplâncton, em janeiro de 2010, evidenciaram valores variando entre 17,69 e 3.784,74  $\mu\text{g PS}\cdot\text{m}^{-3}$  (**Figura 32** e **Tabela 9**), com média aproximada de 252  $\mu\text{gPS}\cdot\text{m}^{-3}$  para a área de estudo. Os resultados de biomassa evidenciaram uma redução marcante nos valores deste atributo, uma vez que este valor médio é cerca de 06 (seis) vezes menor do que o observado no primeiro período de amostragem (1.502  $\mu\text{gPS}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Tal redução na biomassa do zooplâncton ocorreu, possivelmente, devido a uma menor contribuição de microcrustáceos, especialmente copépodes, neste segundo período de amostragem, como evidenciado nos resultados de densidade (**Figura 30**). Nesse sentido, embora a densidade do zooplâncton tenha sido consideravelmente maior, em média, neste segundo período de amostragem, a biomassa foi marcadamente menor considerando que grande parte da densidade foi representada por organismos de pequeno porte como protozoários testáceos e rotíferos.

**Tabela 9.** Inventário de espécies zooplancônicas identificadas e suas respectivas biomassas ( $\mu\text{gPS.m}^{-3}$ ) nos diferentes pontos de amostragem da área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010 (S = superfície; M = meio; F = fundo).

ESPÉCIES/PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20
<b>TESTACEA</b>																						
<b>Arcellidae</b>																						
<i>Arcella artocrea</i>			2,47	0,02	0,50					0,13	0,03			0,01	0,13	0,27			0,04	0,98		
<i>A. brasiliensis</i>			0,38				0,19								1,10							
<i>A. vulgaris</i>	0,81			0,05		0,98		0,01	0,04	0,49												0,53
<i>A. vulgaris undulata</i>					0,05		2,01						0,12									0,01
<i>A. megastoma</i>			2,93	0,13		1,96			2,23	0,05	6,44	0,07			0,07	0,43				0,10		0,07
<i>A. discoides</i>	0,24	0,98	2,44	1,90	0,49	2,93	0,37	1,35	0,73	1,27	0,24	0,01		0,63	1,27	1,83	0,40	0,04	0,73	0,37	0,02	0,81
<i>A. conica</i>			2,67													0,04						
<i>A. costata</i>			1,95		0,01	0,50		0,01		1,07	0,63	0,03	0,02		0,13	0,53				0,27		0,01
<i>A. crenulata</i>									0,53				7,81		1,47	0,04						0,18
<i>A. gibbosa</i>																2,20						
<i>A. hemisphaerica</i>	0,13	0,16		0,25					0,01	0,63	0,13	0,13			0,63	0,01		0,01				
<i>A. mitrata espectabilis</i>																						0,01
<i>Arcella cf. penardi.</i>			3,21												0,27							0,73
<b>Centropyxidae</b>																						
<i>Centropyxis aerophyla</i>						0,27		0,00						0,43								0,16
<i>C. aculeata</i>	0,27	2,79	4,39	2,97	0,75	4,29	0,27	0,56	4,15	0,95	0,49	0,22	6,47	4,99	0,49	1,32	0,24	0,03	0,01	2,06	3,96	0,20
<i>C. cf. cassis</i>																						0,88
<i>C. ecornis</i>	0,33	2,77	0,40	2,59	0,37	3,73	0,01		1,89	0,60	0,37	0,84	0,02	1,60			0,56	0,03	0,01	1,72	1,49	0,24
<i>C. constricta</i>				1,22					0,63											1,98		
<i>C. discoides</i>				0,01																		
<i>C. platystoma</i>														2,23								
<b>Trigonopyxidae</b>																						
<i>Cyclopyxis impressa</i>				0,11											2,41							
<i>C. kahli</i>	0,19	1,07		0,28		1,76		0,01	0,71		0,18			0,45				1,07	0,12	0,01	0,65	
<b>Diffugiidae</b>																						
<i>Diffugia acuminata</i>				0,05																		
<i>D. cf. bicurris</i>				0,05																		
<i>D. corona</i>		0,08					0,15		1,36			0,11	0,11			0,16		0,03	0,09			0,07
<i>D. echinulatta</i>					0,03																	
<i>D. elegans</i>														0,86								
<i>D. cf. globularis</i>															0,75		2,85					
<i>D. gramem</i>						0,01					0,02			0,64			0,24					
<i>D. lanceolata</i>			0,07			0,02																
<i>D. litophyla</i>		0,06					0,59									0,10						
<i>D. lobostoma</i>		0,19	0,21																			
<i>D. cf. muriculata</i>																						0,12
<i>D. pseudogramen</i>															0,24							
<i>D. cf. stellastoma</i>	0,18		1,49																			0,14
<i>Diffugia sp.</i>				0,05								2,85		0,08								
<i>Hoogenraadia criptosomica</i>	0,02													0,02								
<b>Euglyphidae</b>																						
<i>Euglypha acantophora</i>							0,00															
<i>E. filifera</i>																						0,14
<b>Hyalosphaenidae</b>																						
<i>Nebella sp.</i>						0,02			0,52					0,03						0,75		

**Tabela 9.** Continuação

ESPÉCIES/PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20
<b>Lesquereusidae</b>																						
<i>Lesquereusia spiralis</i>			0,66		0,01																	
<b>Plagiopyxidae</b>																						
<i>Plagiopyxis cf. callida</i>												1,11										
<i>Plagiopyxis sp.</i>	0,00	0,01				0,21			0,34			0,08		0,10				2,10	0,37	0,01	0,47	0,12
<b>TOTAL</b>	<b>2,2</b>	<b>8,1</b>	<b>23,3</b>	<b>9,7</b>	<b>2,2</b>	<b>16,7</b>	<b>3,6</b>	<b>2,0</b>	<b>12,6</b>	<b>5,7</b>	<b>8,5</b>	<b>5,5</b>	<b>14,5</b>	<b>12,1</b>	<b>8,9</b>	<b>6,9</b>	<b>4,3</b>	<b>3,3</b>	<b>4,1</b>	<b>5,5</b>	<b>8,8</b>	<b>2,3</b>
<b>ROTIFERA</b>																						
<b>Brachionidae</b>																						
<i>Brachionus angularis</i>		0,02																				
<i>B. caudatus</i>																				0,01		
<i>B. dolabratus</i>						0,01								0,01								
<i>B. mirus</i>	0,20					0,38			0,10									0,20	0,01	0,26	0,24	0,01
<i>B. quadridentatus</i>						0,01						0,59									0,03	
<i>B. zahnenseri</i>	0,22				42,87	2,75	1,10	0,03	2,16	2,16	0,57	0,22	885,30	7,05	2,60		0,62		0,01			7,78
<i>Keratella americana</i>									0,05											0,01	0,01	
<i>K. cochlearis</i>								0,07		0,11					0,01							
<i>K. lenzi</i>					0,18																	
<i>K. tropica</i>						0,01			0,18												0,55	0,24
<i>Plathyonus patulus patulus</i>		0,01						0,23	0,25		0,03											
<i>Plathyas quadricornis</i>		0,68		0,24				0,62		0,49	0,04	0,11			0,08	0,04	0,95	3,39	0,08	0,03	0,02	
<b>Conochilidae</b>																						
<i>Conochilus coenobasis</i>					0,98		0,02	1,12								16,39						1,72
<b>Epiphanidae</b>																						
<i>Epiphanis sp.</i>									0,05		0,12									2,03	0,11	1,30
<b>Colurellidae</b>																						
<i>Corurella sp.</i>										0,23												
<b>Euclanidae</b>																						
<i>Euclanis dilatata</i>	0,00			12,27				0,10							4,65							
<i>Euclanis incisa</i>					0,07																	
<i>Dipleuchlanis propatula</i>			0,03					0,04		0,52	0,04					0,26	0,26		0,02			
<b>Filiniidae</b>																						
<i>Filinia longiseta</i>		0,01			5,77			0,01	0,58	2,42				0,01		0,35	0,18				4,39	
<i>F. cf. terminalis</i>					22,47	4,00				0,76	1,55	0,63	22,64	0,02	1,18		0,45					1,46
<b>Floscularidae</b>																						
Floscularidae n identificado																						
<i>Pytigura sp.</i>						0,02									0,29							
<b>Hexarthridae</b>																						
<i>Hexarthra mira</i>								0,00														0,05
<b>Lecanidae</b>																						
<i>Lecane bulla</i>	0,49	1,96	3,84	0,48	1,86	0,02	0,43	0,24	1,79	2,80	0,07	1,96		0,51	2,59	3,76	0,94	0,55	2,04	0,03	0,06	0,04
<i>L. cornuta</i>		0,39		0,01					0,28	0,42	0,01		0,01			0,04						0,42
<i>L. curvicornis</i>	0,87		0,83	4,16	0,61				1,31	0,03	0,45	0,04		0,02	1,44	8,65	0,04			0,01	0,67	
<i>L. elsa</i>																						0,10
<i>L. cf. hamata</i>										0,14												
<i>L. cf. hornemmani</i>															0,02							
<i>L. leontina</i>		0,03	0,06	0,11			0,03		0,60		1,31					0,11	0,03					
<i>L ludwigi</i>					0,04		0,01		0,01	0,01	0,29			2,31	0,29	1,41	0,71				0,25	
<i>L. cf. luna</i>	0,78	0,01					0,39							0,03	0,54	0,78		0,02				
<i>L. lunaris</i>			0,01						0,52	0,01	0,79					0,02					0,01	0,02
<i>L. monostyla</i>																						0,03

**Tabela 9.** Continuação.

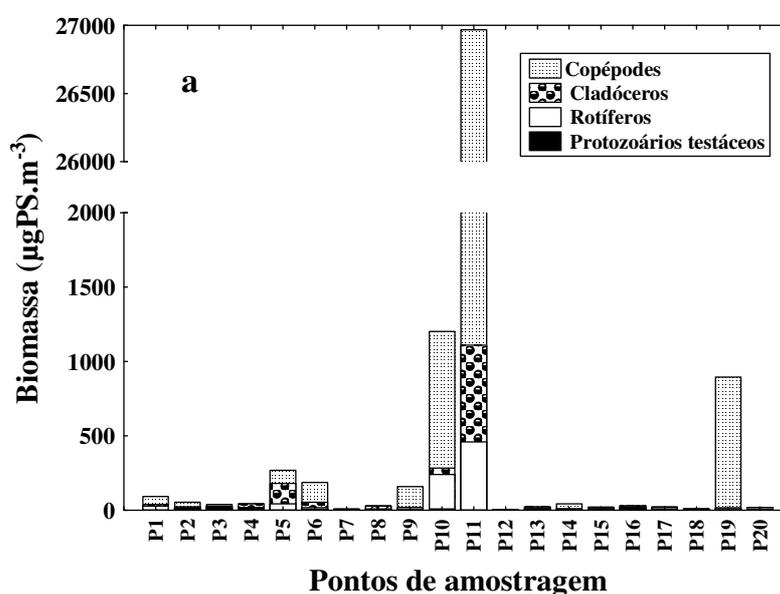
ESPÉCIES/PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20
<i>L. cf. murrayi</i>							0,02		0,02						1,39	1,06	0,13					
<i>L. papuana</i>						0,38								0,70								
<i>L. proiecta</i>	0,01													0,02			0,02					
<i>L. quadridentata</i>								0,03		0,44	0,02						0,57					
<i>L. signifera</i>																						0,07
<i>L. stenroosi</i>				0,44																		
<b>Lepadelidae</b>																						
<i>Lepaella ovalis</i>			0,90		0,01		0,01	0,45		0,47	0,24				0,44							0,49
<i>L. benjamini</i>				1,26						0,35	0,02	1,70			0,21		0,35					0,21
<b>Philodinidae</b>																						
Bdeloidea	2,46	10,81	6,03	19,50	36,81	1,68	2,25	0,19	7,55	7,99	12,13	6,08	79,97	21,77	2,66	7,20	0,53	4,16	1,17	2,20	6,00	2,66
<b>Proalidae</b>																						
<i>Proales</i> sp.																	0,14					
<b>Dicranophoridae</b>																						
<i>D. cf. urcinatus</i>							0,08															
<i>Dicranophorus</i> sp.			0,22				0,04		1,51					2,95								0,38
<i>Encentrum</i> sp.										1,85												
<b>Mytilinidae</b>																						
<i>Mytilinia</i> cf. <i>acantophora</i>				0,02							0,32											
<i>M. macrocera</i>							0,05			0,05					0,05	0,08	4,37					0,11
<i>Mytilinea ventralis</i>			1,39					1,68			0,55	0,57		2,16	1,70	1,97	0,99					
<b>Notommatidae</b>																						
<i>Cephalodella</i> sp.		1,75	1,55	0,99	0,63			0,02		1,19	1,47					2,94	0,74				0,01	0,03
<i>Notommata</i> sp.							2,11															
<i>Monommata</i> cf. <i>aequalis</i>				0,06			0,04		0,15	0,08						0,04	1,89					
<b>Synchaetidae</b>																						
<i>Polyarthra vulgaris</i>													429,00									
<i>Synchaeta</i> sp.							0,03						49,94									
<i>Ploesoma truncatum</i>												0,36			0,36	2,24						
<b>Testudinellidae</b>																						
<i>Testudinella patina</i>	0,28	2,10	0,03	6,91	0,05	0,03	0,87	0,92	0,06	2,22	0,47	0,47			0,10	0,04	0,16				0,03	0,30
<i>T. tridentata</i>							0,01		0,01						0,01		0,71					
<b>Trichocercidae</b>																						
<i>Trichocerca bicristata</i>					0,98			0,75		0,10						0,10						
<i>T. cf. capuccina</i>																	0,03					
<i>T. chatoni</i>							0,03		0,25													
<i>T. cf. insignis</i>											0,63											
<i>T. similis</i>					0,24		0,38	0,02														
<i>T. cf. tigris</i>								0,03														
<i>Trichocerca</i> sp.				0,01								0,02		0,05	0,31		1,20					0,08
<i>Manfredium eudactilodum</i>										0,68		0,06										
<b>Trichotridae</b>																						
<i>Macrochaetus sericus</i>																						0,17
<i>Trichotria tetractis</i>			0,03	0,98	0,04		0,14	0,65	0,06	0,55	0,08	0,84			2,35		0,08					0,39
<i>rotifero n identificado</i>			2,91							0,08		0,06			0,38						0,22	
<b>Trochosphaeridae</b>																						
<i>Horaella</i> cf. <i>thomassoni</i>							0,03															
<b>TOTAL ROTÍFEROS</b>	<b>5,3</b>	<b>17,8</b>	<b>16,5</b>	<b>48,8</b>	<b>113,6</b>	<b>9,3</b>	<b>10,0</b>	<b>7,3</b>	<b>17,0</b>	<b>26,7</b>	<b>20,1</b>	<b>14,8</b>	<b>1466,9</b>	<b>37,6</b>	<b>23,6</b>	<b>47,5</b>	<b>16,1</b>	<b>9,0</b>	<b>3,3</b>	<b>4,6</b>	<b>12,6</b>	<b>18,1</b>

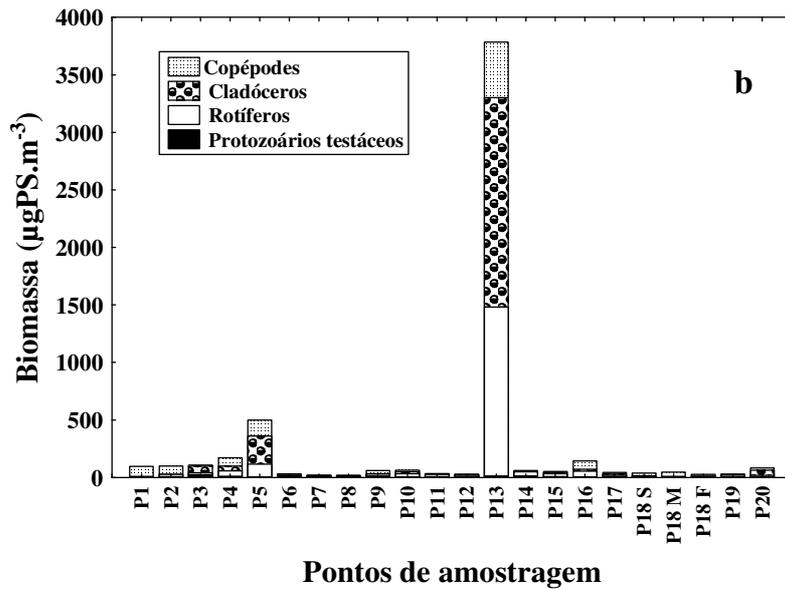
**Tabela 9.** Continuação.

ESPÉCIES/PONTOS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18S	P18M	P18F	P19	P20	
<b>CLADOCERA</b>																							
<b>Bosminidae</b>																							
<i>Bosmina hagdmani</i>							0,11			0,15			78,76	0,11		4,16						28,40	
<i>B. tubincen</i>					99,75					0,37			1532,28									0,24	
<i>Bosminopsis deitersi</i>	0,25	0,10	0,25	14,68	33,86		0,08	0,13	0,90	0,63	2,72	5,49	0,34		0,22	0,90	0,31		1,76			0,22	
<b>Daphnidae</b>																							
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>			34,94		14,80			6,35		12,48			144,07	0,23	0,10								10,88
<b>Sididae</b>																							
<i>Diaphanosoma brevereme</i>					26,42																		
<i>Diaphanosoma</i> sp.						0,77	0,45	0,46	0,58						6,85								
<b>Chydoridae</b>																							
<i>Alona</i> sp.			11,14		1,14			0,05						2,59									
<i>Alonela cf. hamulata</i>				0,30				0,14		0,14					2,77								
<i>Camptocercus</i> cf. <i>australis</i>																						0,24	
<i>Chydorus eurynotus</i>			0,12				2,65	0,15			0,19	1,86	64,58		0,26	3,42	6,85						
<i>C. hydorus</i> sp.																						0,87	
<i>Disparalona dadayi</i>				14,31	2,90		0,03	0,08	0,82	0,30		0,08			1,39	0,17	0,13						
<i>Dunhenvedia odonoplax</i>															0,07								
<i>Ephemeropurus</i> cf. <i>barroisi</i>																						0,06	
<i>Euryalona brasiliensis</i>																9,49							
<i>Leidygiopsis</i> cf. <i>curvirostris</i>				0,13						0,00													
<i>Nicsmirnovillus fitzpatricki</i>			13,63																				
<i>Notoalona sculpita</i>			0,11				0,77								0,28								
<b>Ilyocryptidae</b>																							
<i>Ilyocryptus spinifer</i>			0,26	10,62	12,81																	0,70	
<b>Macrothrycidae</b>																							
<i>Macrothryx</i> cf. <i>elegans</i>										3,41												0,17	
<b>Moinidae</b>																							
<i>Moina minuta</i>					51,60	0,33											0,72					3,35	
<b>TOTAL CLADÓCEROS</b>																							
	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>60,4</b>	<b>40,0</b>	<b>243,3</b>	<b>1,1</b>	<b>4,2</b>	<b>7,2</b>	<b>2,3</b>	<b>17,5</b>	<b>2,9</b>	<b>7,4</b>	<b>1820,0</b>	<b>2,9</b>	<b>12,0</b>	<b>18,1</b>	<b>9,1</b>	<b>0,0</b>	<b>1,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>44,0</b>	
<b>COPEPODA</b>																							
<b>Cyclopidae</b>																							
<i>Ectocyclops</i> sp.															0,96								
<i>Thermocyclops minutus</i>			24,95				0,41	6,68						0,26		10,48	6,30	7,95	11,36	1,05			
<i>T. decipiens</i>	23,18	1,62			1,80			9,72						2,91									
<i>Mesocyclops</i> sp.	37,00							1,94															
<i>Mycrocyclops</i> sp.	0,51	43,56															1,54		20,97				
Nauplio de Cyclopoida	5,03	2,73	3,18	7,60	12,14	2,35		0,53	5,01	11,74	2,80	0,53	90,21	4,11	6,05	10,81	0,03	1,21	1,09	1,51	2,68	1,34	
Copepoditode Cyclopoida	10,25	0,29	0,22	64,54	63,60	0,93	0,22		3,86	0,92	0,08		244,17			18,64	0,72	17,68	7,50	4,06	4,80	3,60	
<b>Diaptomidae</b>																							
<i>Notodiaptomus</i> sp.	10,11																3,64						
Nauplio de Calanoida Copepodito de Calanoida			3,84		2,16			1,38					140,89		2,21	37,80	2,62	0,08			0,36	2,29	
	2,07				60,41	0,32		0,72					8,02	0,71		1,10		0,35			0,50	12,17	
<b>TOTAL COPÉPODES</b>																							
	<b>88,2</b>	<b>73,1</b>	<b>7,2</b>	<b>72,1</b>	<b>140,1</b>	<b>3,6</b>	<b>0,6</b>	<b>1,3</b>	<b>28,6</b>	<b>12,7</b>	<b>2,9</b>	<b>0,5</b>	<b>483,3</b>	<b>9,0</b>	<b>8,3</b>	<b>72,0</b>	<b>15,4</b>	<b>25,6</b>	<b>37,5</b>	<b>16,9</b>	<b>9,4</b>	<b>19,4</b>	

As diferenças observadas para a densidade e a biomassa entre os 02 (dois) períodos de amostragem, na área de influência do AHE Jirau, estão, provavelmente associadas às mudanças hidrológicas na área de estudo, com uma redução no tempo de residência da água e uma conseqüente diminuição da participação de microcrustáceos, especialmente de grandes copépodes, na densidade e na biomassa da comunidade. Ressalta-se, por fim, que tais alterações não parecem ocorrer em toda a área de estudo, considerando que, de maneira geral, rotíferos e testáceos predominaram, também em termos de biomassa, em um grande número de pontos de amostragem, em ambos os períodos amostrados (**Tabelas 8 e 9**).

Sendacz *et al.* (2006) e Melão e Rocha (2000) encontraram valores de biomassa variando entre 11.500 e 357.000  $\mu\text{g PS.m}^{-3}$  e 4000 e 62000  $\mu\text{g PS.m}^{-3}$ , respectivamente (em reservatórios do Estado de São Paulo). Como discutido anteriormente, esses valores são muito superiores aos observados na área de influência do AHE Jirau. Deve-se considerar, no entanto, que estes estudos foram realizados em ambientes lânticos, propícios ao estabelecimento de populações tipicamente planctônicas.





**Figura 32.** Distribuição espacial da biomassa do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau, em setembro de 2009 (a) e janeiro de 2010 (b). (S = superfície; M = meio; F = fundo).

Assim como observado na primeira campanha de campo, em janeiro de 2010, o padrão de distribuição espacial da biomassa foi muito semelhante ao observado para a densidade, de forma que, maiores valores de biomassa foram registrados no rio Abunã e, especialmente, na área alagada do rio Mutum-Paraná (**Figura 32**). Por outro lado, em janeiro de 2010, os menores valores de biomassa foram observados no rio Madeira, nos pontos localizados a montante e jusante do barramento do AHE Jirau (pontos P2, P18 e P19), nos igarapés São Simão, Simãozinho e Jirau (pontos P8, P7 e P17, respectivamente) e nos rios Mutum-Paraná e Cotia (pontos P11 e P12, respectivamente) (**Tabela 9**).

Diferenças marcantes foram observadas quando se analisa a contribuição dos diferentes grupos. Assim, enquanto que os rotíferos e os testáceos constituíram-se nos grupos mais importante em termos de densidade na maioria dos pontos amostrados, os microcrustáceos e, especialmente, os cladóceros, em janeiro de 2010, foram os mais representativos em termos de biomassa (**Figura 32** e **Tabela 9**).

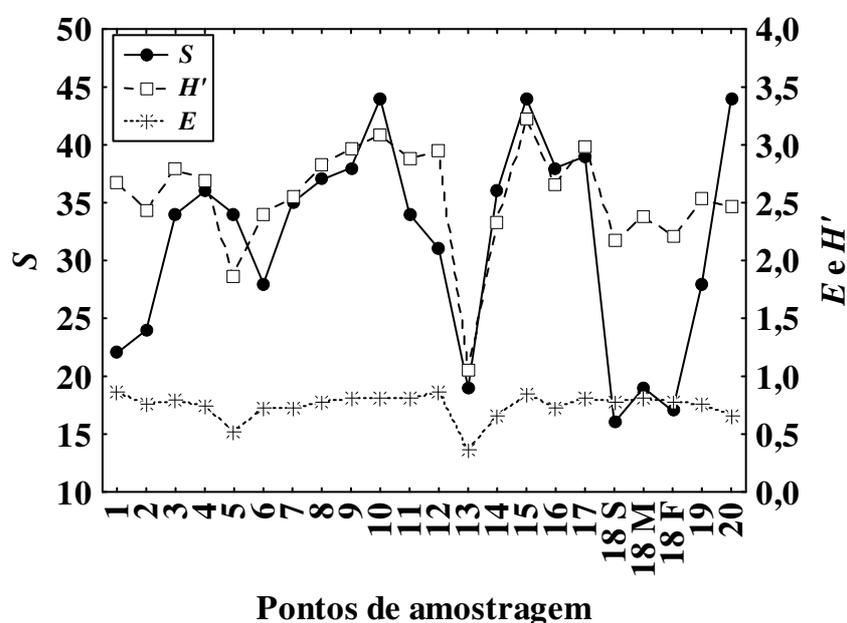
Os valores de biomassa registrados nas diferentes profundidades amostradas no ponto P18, localizado no rio Madeira, foram, em geral, similares entre si (**Figura 32**).

Se considerada a contribuição dos diferentes grupos, ao contrário de setembro de 2009, quando os copépodes representaram 93% de toda a biomassa zooplânctônica, em janeiro de 2010, os cladóceros predominaram com 41%, seguidos por rotíferos, com 35%, copépodes, com apenas 20%, e testáceos, com 3% (**Tabela 9**).

Considerando a contribuição das diferentes espécies para a biomassa de cada grupo, os resultados observados foram, em geral, similares aos registrados para a densidade (Tabelas 8 e 9).

#### 4.6.2.5. Índice de Diversidade e Equitabilidade

Os maiores valores do índice de diversidade foram observados nos pontos localizados nos igarapés São Simão, São Lourenço, Castanho e Jirau (pontos P8, P10, P15 e P17, respectivamente), nos rios Mutum-Paraná e Cotia (pontos P11 e P12, respectivamente) e em um local do rio Madeira (ponto P9) (Figura 33). Esses pontos apresentaram, em geral, os maiores valores de riqueza de espécies do zooplâncton, além dos maiores valores de equitabilidade (Figura 33).

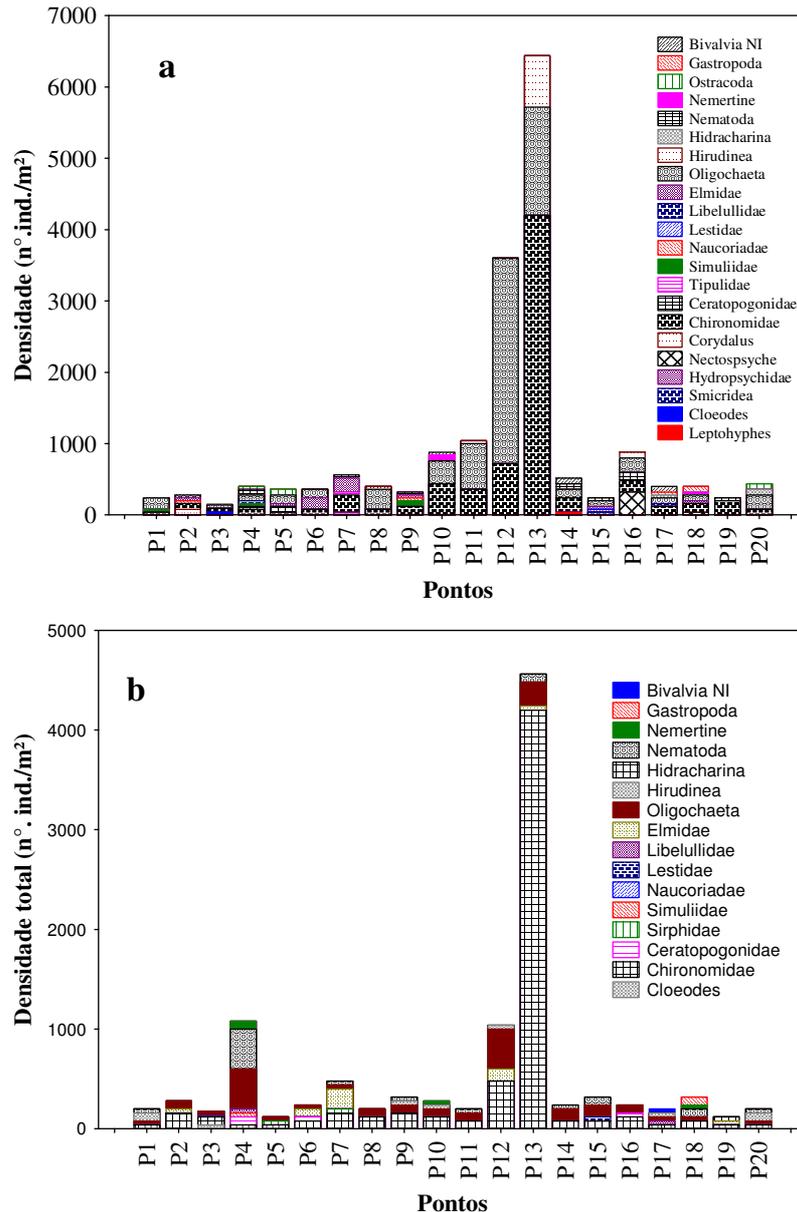


**Figura 33.** Variação espacial da riqueza de espécies ( $S$ ), equitabilidade ( $E$ ) e diversidade específica ( $H'$ ) do zooplâncton na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010. ( $S$  = superfície; M = meio; F = fundo).

Por outro lado, menores valores deste índice foram registrados nos pontos de maior densidade e biomassa do zooplâncton (pontos P5 e P13, situados no rio Abunã e na área alagada do rio Mutum-Paraná, respectivamente) e também de menores valores de equitabilidade (Figura 33). Além destes, baixos valores de diversidade, devido aos baixos valores de riqueza, foram observados no rio Madeira, no ponto P18, nas 03 (três) profundidades analisadas (Figura 33).

### 4.6.3. Zoobentos

Em janeiro de 2010, a comunidade de invertebrados bentônicos registrada na área de influência do AHE Jirau foi composta por 16 táxons, 05 (cinco) táxons a menos do que registrado em setembro de 2009 (**Figuras 34a e 34b**). O filo Arthropoda foi o mais representativo, sobressaindo-se a classe Insecta, com 09 (nove) táxons. Esses resultados são similares aos obtidos em diversos outros ecossistemas aquáticos (HYNES, 1970; MERRIT e CUMMINS, 1996).



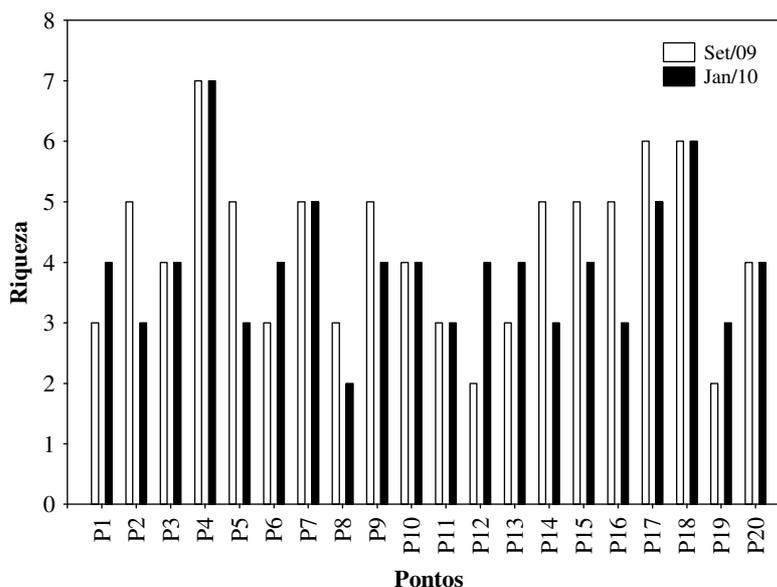
**Figura 34.** Densidade dos táxons obtida nos locais amostrados em setembro de 2009 (a) e janeiro de 2010 (b).

#### 4.6.3.1. Riqueza Taxonômica

As maiores riquezas taxonômicas foram registradas nos pontos P4 (igarapé Araras), com 07 (sete) táxons, P17 (igarapé Jirau), com 05 (cinco) táxons, e P18 (rio Madeira), com 06 (seis) táxons. A menor riqueza foi registrada no ponto P8, localizado no igarapé São Simão, com 02 (dois) táxons (**Figuras 35**). Em janeiro de 2010, foi observada uma redução da riqueza taxonômica na maioria dos pontos amostrados, provavelmente devido ao intenso período chuvoso. A tendência geral em ambientes lóticos tropicais é a diminuição da abundância de insetos aquáticos na estação chuvosa. Esse fato provavelmente ocorre devido à desestabilização do sistema lótico pelo aumento da velocidade e da vazão da água, acarretando um aumento do carreamento de organismos (“drift”) durante a estação chuvosa (BISPO e OLIVEIRA, 1998). Apesar da maior riqueza taxonômica registrada no ponto P4, situado no igarapé Araras, foram identificados apenas táxons resistentes à alterações ambientais (**Figura 35**).

Em ambientes lóticos preservados, geralmente, encontra-se uma maior riqueza, além da presença de táxons sensíveis. Em um estudo realizado em igarapés da Amazônia Central, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi bastante influenciada pela cobertura vegetal, sendo mais pobre em locais que apresentavam pastagem e/ou cobertura vegetal alterada (SOUZA *et al.*; 2007). No presente estudo, a maioria dos locais amostrados apresenta mata ciliar nas margens e, provavelmente, a baixa riqueza não pode ser explicada pelo tipo de cobertura vegetal.

Não foram identificados táxons sensíveis às alterações ambientais como na amostragem anterior. Provavelmente, esses resultados são explicados pelo período chuvoso, pelo tipo de substrato e pela característica do rio Madeira em apresentar alta concentração de sólidos em suspensão nesta época do ano. O aumento do volume das águas provoca o deslocamento do tipo de substrato e o carreamento dos táxons aderidos. Além disso, ocorre o soterramento da comunidade bentônica.



**Figura 35.** Riqueza taxonômica registrada nos pontos amostrados, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

#### 4.6.3.2. Abundância e Diversidade

Em janeiro de 2010, foram registradas altas densidades apenas de Chironomidae e Oligochaeta (**Figura 36** e **Tabela 10**). A maior abundância total foi registrada no ponto P13, localizado na área alagada do rio Mutum-Paraná, devido a alta densidade de Chironomidae, assim como o observado em setembro de 2009 (**Figuras 36**). Vários pontos monitorados apresentaram redução da abundância total, provavelmente devido à influência do aumento do volume das águas. Os macroinvertebrados bentônicos respondem rapidamente às perturbações ambientais que reduzem a riqueza de poucos grupos tolerantes e generalistas, como Chironomidae e Oligochaeta (KULMANN *et al.*, 2000).

De acordo com uma análise de correlação linear de Pearson, o carbono orgânico total apresentou relação positiva com a abundância total ( $r = 0,58$ ;  $P = 0,009$ ). A concentração de argila no sedimento também foi positivamente relacionada com a abundância total da comunidade ( $r = 0,74$ ;  $P < 0,001$ ). Esse resultado demonstra a importância do substrato na determinação da estrutura da comunidade bentônica.

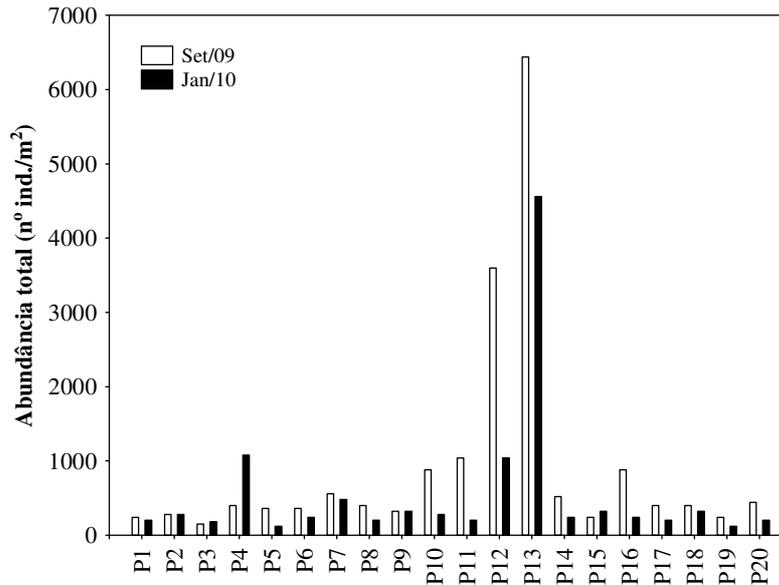
As menores abundâncias totais foram registradas nos pontos P3, localizado no igarapé Ribeirão e P19, situado no rio Madeira, a jusante do barramento do AHE Jirau (**Figura 36**). Analogamente, na amostragem realizada em setembro de 2009, a menor abundância também foi registrada no ponto P3, que foi amostrado com Surber. Apesar da pouca profundidade registrada neste local, a comunidade residente apresentou-se

pouco diversa, provavelmente devido aos substratos arenoso e rochoso, os quais oferecem certa instabilidade aos táxons mais sensíveis em ambientes lóticos. No período chuvoso, essa instabilidade tende a aumentar.

O maior índice de diversidade foi registrado no ponto P4, localizado no igarapé Araras, devido a maior riqueza observada, ao contrário das maiores equitabilidade, que foram anotadas em locais que apresentaram menor riqueza e maior equidistribuição entre os táxons (pontos P5, P17 e P19, situados no rio Abunã, no igarapé Jirau e no rio Madeira, respectivamente) (**Tabela 10**).

**Tabela 10.** Comunidade de invertebrados bentônicos na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010.

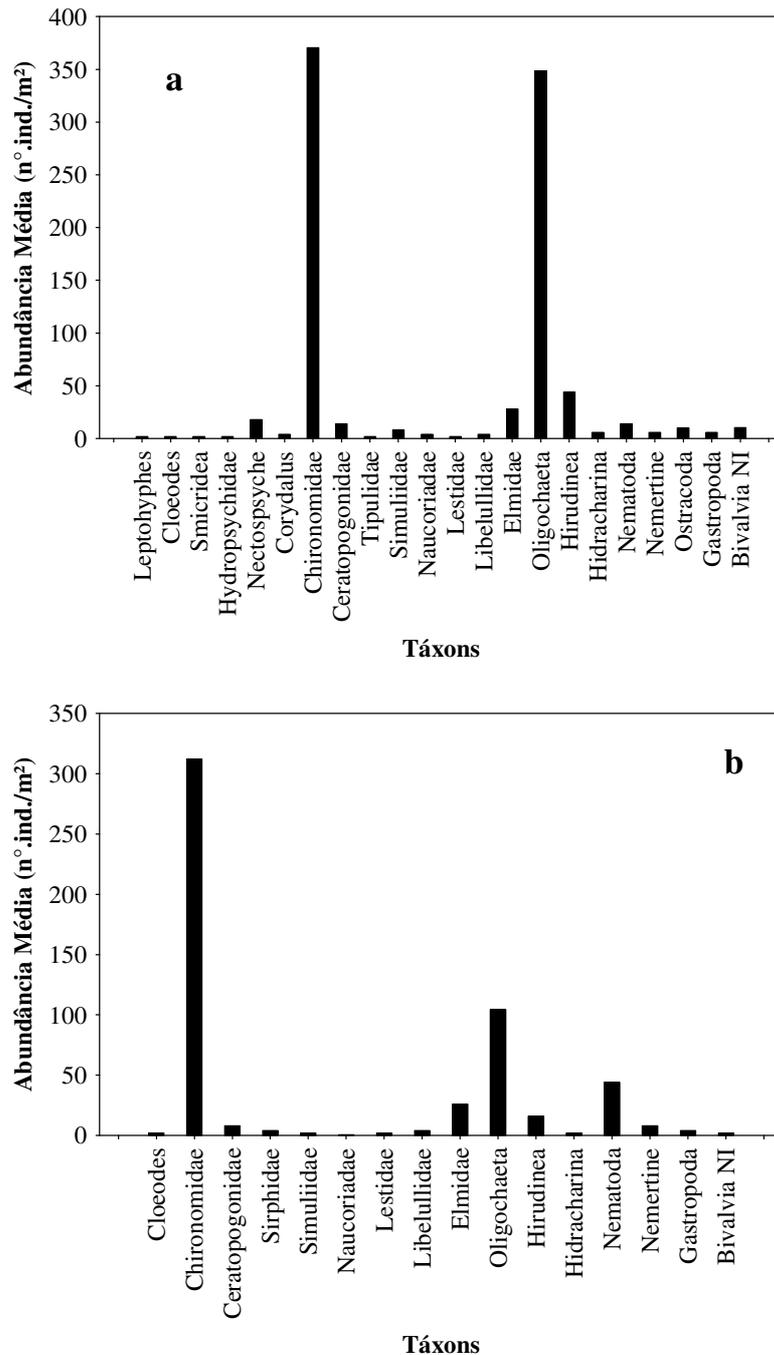
Táxons		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
<b>Ephemeroptera</b>	<i>Cloedodes</i>	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Diptera</b>	Chironomidae	40	160	80	40	40	80	160	120	160	120	80	480	4200	80	80	120	40	80	40	40
	Ceratopogonidae	0	0	0	80	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
	Sirphidae	0	0	0	0	40	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Simuliidae	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Heteroptera</b>	Naucoriidae	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Odonata</b>	Lestidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
	Libellulidae	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<b>Coleoptera</b>	Elmidae	0	40	0	0	0	80	200	0	0	0	120	40	0	0	0	0	0	40	0	0
<b>Anellida</b>	Oligochaeta	40	80	50	400	40	40	40	80	80	80	400	240	120	120	80	40	40	0	40	0
	Hirudinea	80	0	0	0	0	0	0	40	40	0	40	0	0	0	0	40	0	0	80	0
<b>Aracnida</b>	Hidracharina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
<b>Nematoda</b>	Nematoda	40	0	0	400	0	0	40	0	40	0	40	0	80	40	80	0	0	80	0	40
<b>Nemertea</b>	Nemertine	0	0	0	80	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<b>Mollusca</b>	Gastropoda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0
	Bivalvia NI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
<b>Ab. Total</b>		200	280	180	1080	120	240	480	200	320	280	200	1040	4560	240	320	240	200	320	120	200
<b>Riqueza Índice de Shannon</b>		4	3	4	7	3	4	5	2	4	4	3	4	4	3	4	3	5	6	3	4
<b>Equitabilidade</b>		0.6	0.48	0.6	0.85	0.48	0.6	0.7	0.3	0.6	0.6	0.48	0.6	0.6	0.48	0.6	0.48	0.7	0.7	0.48	0.6



**Figura 36.** Abundância total registrada nos pontos amostrados, em setembro de 2009 e janeiro de 2010.

#### 4.6.3.3. Abundância Média e Frequência dos Táxons

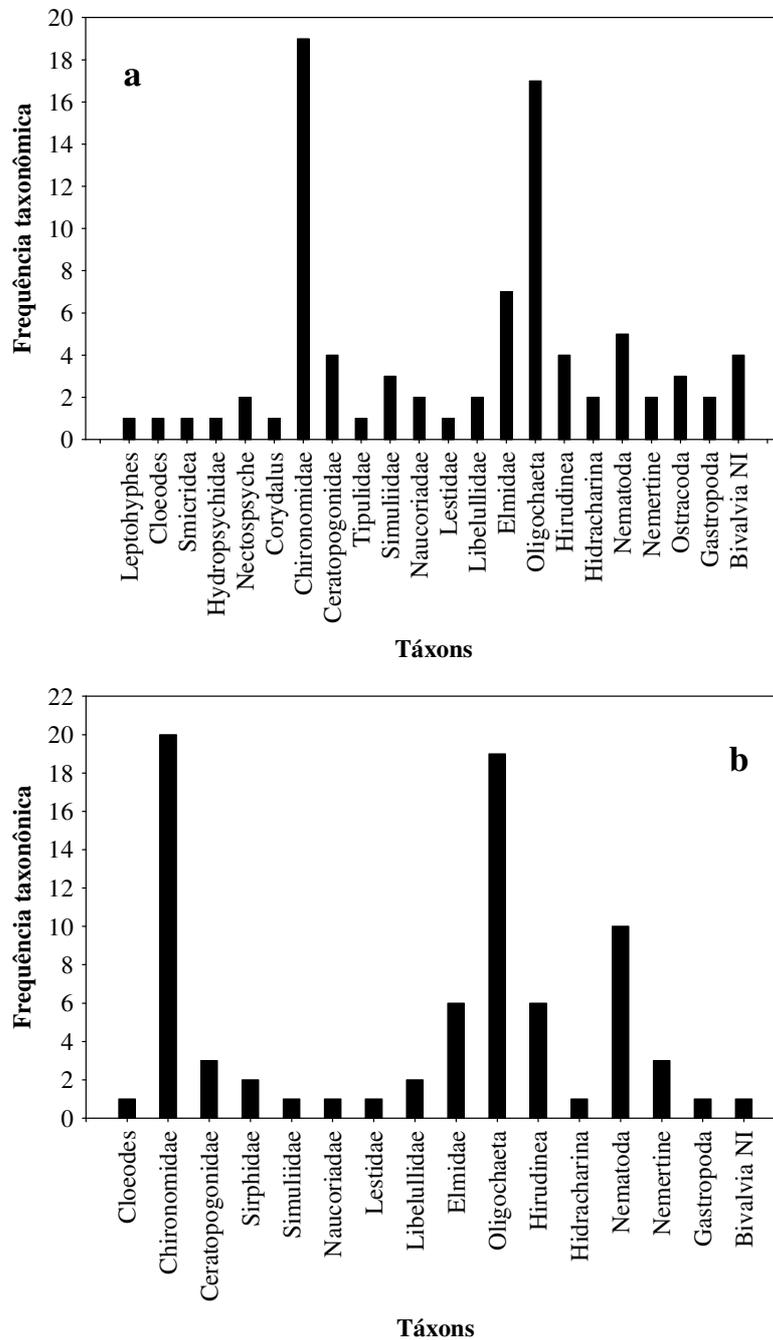
Em janeiro de 2010, Chironomidae, Oligochaeta e Nematoda apresentaram as maiores abundância média e frequência (**Figuras 37 e 38**). A distribuição e a abundância dos Chironomidae são influenciadas pelas condições físicas e químicas da água, assim como pelas características do substrato e pelas relações tróficas com outros organismos (JOHNSON *et al.*; 1992). O número de espécies de Chironomidae que coexistem em qualquer sistema hídrico continental é, normalmente, muito maior do que aquele encontrado em qualquer outro grupo taxonômico (CALLISTO e ESTEVES, 1998). Em certas condições, como baixas concentrações de oxigênio dissolvido, os imaturos de Chironomidae podem ser os únicos insetos presentes no sedimento (EPLER, 1995). Algumas espécies de Chironomidae, em sua fase larval, apresentam adaptações para viver em condições extremas de temperatura, pH, salinidade, profundidade, velocidade de correnteza e produtividade (CRANSTON, 1995).



**Figura 37.** Abundância média dos táxons amostrados, em setembro de 2009 (a) e janeiro de 2010 (b).

Os Oligochaeta apresentam preferência por locais com alta quantidade de matéria orgânica. Em função de sua grande tolerância à poluição, entretanto, podem viver em quaisquer tipos de ambientes. A maioria dos táxons tem preferência por substratos grosseiros, ao invés de substratos de pequenas partículas. Os grandes substratos requerem maior força da correnteza para sua movimentação, sendo fisicamente mais estáveis. Estes substratos ocorrem principalmente em córregos de

baixa ordem, onde a velocidade da corrente é alta, com menor volume de água e, por isso, são menos suscetíveis à deposição de partículas finas (NESSIMIAN e CARVALHO, 1998). Chironomidae, Oligochaeta e Nematoda são encontrados em condições adversas (CALMON *et al.*; 2007).



**Figura 38.** Frequência dos táxons amostrados, em setembro de 2009 (a) e janeiro de 2010 (b).

#### 4.6.3.4. Relação da Granulometria com a Comunidade Bentônica

Pesquisas focando a influência do sedimento sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos consideram a composição granulométrica como um dos

principais fatores responsáveis pela estrutura e pela distribuição dessa comunidade em ecossistemas aquáticos continentais (WARD, 1992; CALLISTO e ESTEVES, 1998; GONÇALVES *et al.*; 1998).

Pode-se avaliar a estrutura de comunidades aquáticas utilizando-se de categorias funcionais de trofia (MERRITT *et al.*, 2002). O tamanho da partícula do sedimento, a heterogeneidade e a quantidade de matéria orgânica são considerados fatores importantes na estrutura da comunidade de macroinvertebrados (RABENI e MINSHALL, 1977; REICE, 1980).

Apenas o COT e a argila apresentaram correlação significativa com a abundância da comunidade bentônica (**Tabela 11** e **Figura 36**). Na amostragem realizada em setembro de 2009, a abundância da comunidade bentônica também apresentou correlação positiva com o COT. Em quase todos os locais monitorados foram registradas altas densidades de Chironomidae, Oligochaeta e Hirudínea, que têm grande importância na ciclagem de nutrientes.

Na amostragem realizada em janeiro de 2010, o silte e a areia determinaram a maior porcentagem do sedimento (**Tabela 11**). Esses tipos de sedimentos não são favoráveis aos táxons mais sensíveis da comunidade, pois oferecem certa instabilidade em ambientes lóticos. O silte, por ser muito fino, prejudica também os táxons que são filtradores. Geralmente são registrados nesses locais táxons mais resistentes, como observado no presente monitoramento. TAKEDA *et al.*; 1997, estudando a heterogeneidade ambiental na distribuição da comunidade bentônica, registrou em locais que apresentaram matéria orgânica e areia a maior abundância de Chironomidae, Oligochaeta e Nematoda, corroborando os resultados do presente estudo.

**Tabela 11.** Determinação do sedimento através da granulometria realizada nos pontos amostrados, em janeiro de 2010 (F = fina; G = grossa).

Pontos	Locais	Transectos	MO (% m/m)	COT (% m/m)	N-total (% m/m)	Areia F. (% m/m)	Areia G. (% m/m)	Silte (% m/m)	Argila (% m/m)
P1	Mamoré		4,82	1,52	0,060	15,40	14,80	68,50	0,90
P2		1A	2,04	0,74	0,069	3,90	17,60	74,70	3,40
P2	Madeira	1B	2,95	0,63	0,057	25,10	2,30	64,40	5,20
P2		1C	2,12	0,38	0,069	27,40	4,00	63,20	4,60
P4	Araras		2,64	0,47	0,052	74,80	10,40	7,42	4,40
P5	Abunã		0,98	0,39	0,059	38,90	30,20	28,70	1,40
P6		2A	1,48	0,42	0,047	5,10	6,30	79,20	8,80
P6	Madeira	2B	0,84	0,51	0,047	15,40	4,80	69,40	10,10
P6		2C	3,72	1,04	0,063	3,40	4,70	80,30	10,70
P7	Simãozinho		3,83	1,25	0,010	2,30	0,40	58,90	38,00
P8	S.Simão		6,83	2,35	0,020	3,70	2,70	60,30	32,30

P9		3A	4,06	1,20	0,083	4,20	1,20	89,80	4,30
P9	Madeira	3B	4,48	1,86	0,076	2,10	9,10	86,40	1,90
P9		3C	3,96	1,74	0,080				
P10	Castanho		5,40	2,01	0,070	0,10	4,90	87,40	7,40
P11	Mutum		5,63	2,43	0,080	17,50	17,20	50,90	13,40
P12	Cotia		3,20	1,83	0,063	25,40	9,60	52,70	11,40
P13	Área alagada do Mutum		6,80	4,07	0,045	0,30	6,00	33,10	60,30
P14		4A	4,58	1,88	0,060	14,70	5,80	74,80	4,30
P14	Madeira	4B	3,95	0,94	0,049	40,20	11,60	47,20	0,50
P14		4C	2,64	1,36	0,032	0,90	48,90	48,40	0,50
P15	S.Lourenço		7,04	3,02	0,035	6,40	8,20	80,50	4,30
P16	Caiçara		5,85	2,36	0,090	1,90	7,80	79,40	10,40
P17	Jirau		3,49	1,41	0,068	0,10	4,80	84,00	10,80
P18		5A	3,02	1,63	0,053	0,10	3,90	90,50	4,80
P18	Madeira	5B	3,58	0,74	0,020	20,00	24,30	49,70	5,40
P18		5C	4,87	0,83	0,047	70,40	7,30	20,40	0,20
P19		6A	2,82	0,94	0,050	1,60	4,90	76,30	16,50
P19	Madeira	6B	2,08	0,90	0,074	4,20	9,30	75,20	10,70
P19		6C	2,24	0,96	0,078	9,60	15,40	67,40	6,80
P20	Foz do Mutum		0,74	0,56	0,060	58,20	19,30	15,70	5,40

---

## **4.7. Comunidades Biológicas Associadas à Madeira Flutuante - Ecologia da Madeira**

### **4.7.1. Comunidade Perifítica**

O perifíton é definido como uma complexa comunidade, constituída por algas, bactérias, fungos, animais e detritos, encontrados firme ou frouxamente aderidos a substratos submersos, sejam eles vivos ou mortos (WETZEL, 1983). Podem receber terminologias mais específicas para caracterizar seu local e seu modo de aderência, como, por exemplo, episâmon (biofilme que cresce sobre a areia), epifíton (biofilme que cresce sobre vegetais) e epilíton (biofilme que cresce sobre rochas) (STEVENSON, 1996).

No ambiente aquático, o perifíton desempenha papéis fundamentais principalmente ao promover o intercâmbio entre os componentes químicos, físicos e biológicos (LOWE e PAN, 1996) e ao contribuir de forma significativa para a fixação do nitrogênio e para a ciclagem de carbono (STEVENSON, 1996).

No estudo da comunidade perifítica, muita ênfase tem sido dada à assembléia algal (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003), porque as algas destacam-se não somente como reguladoras do fluxo de nutrientes, mas também pelo seu papel fundamental como produtoras primárias (STEVENSON, 1996; AZIM *et al.*, 2005; FERNANDES, 2005). Desta forma, as algas assumem uma posição chave na cadeia alimentar dos sistemas aquáticos continentais (GOLDSBOROUGH e ROBINSON, 1996; LOWE e PAN, 1996; RODRIGUES *et al.*, 2003) e podem providenciar recursos alimentares para consumidores vertebrados e invertebrados (GOLDSBOROUGH *et al.*, 2005).

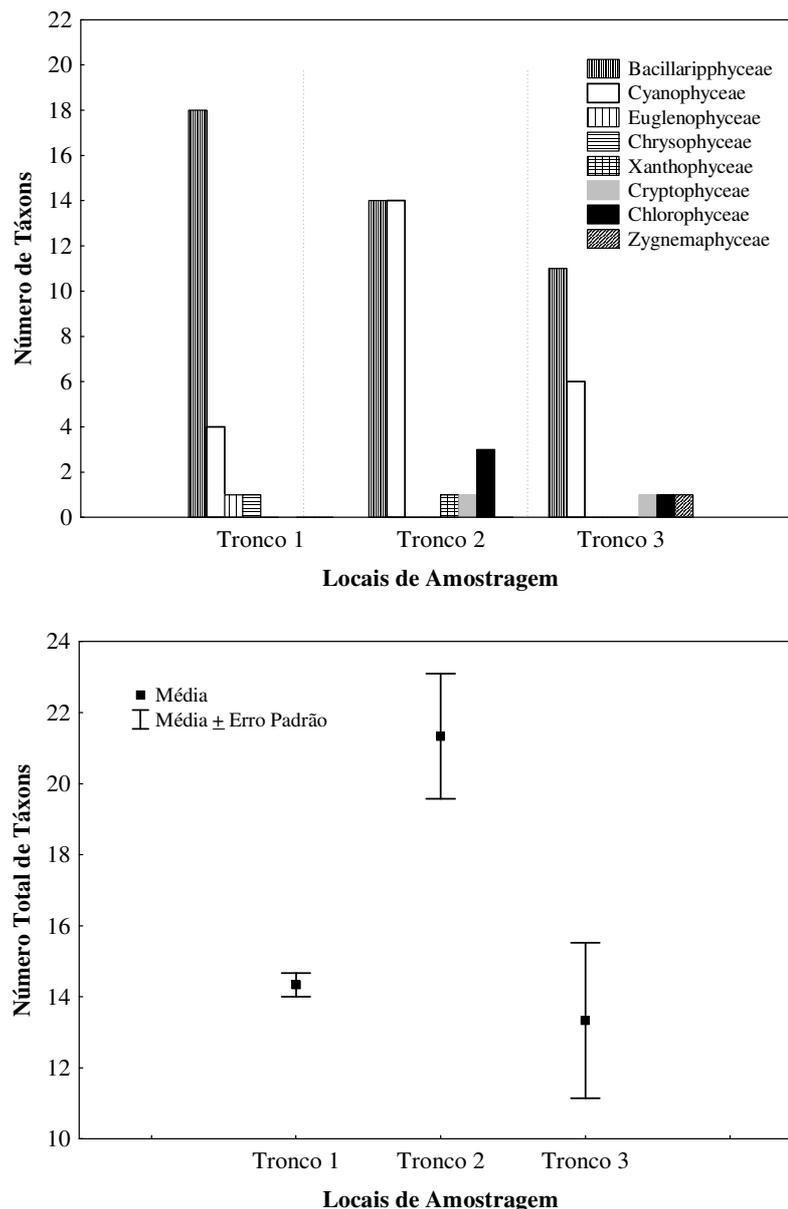
Em decorrência do seu curto ciclo de vida, das diferentes preferências e tolerâncias ambientais das espécies que a compõe e do seu hábito de vida sésil, esta comunidade responde prontamente às alterações do meio, funcionando como sensores da variabilidade ambiental (STEVENSON, 1996; RODRIGUES *et al.*, 2003; FELISBERTO e RODRIGUES, 2005).

#### **4.7.1.1. Riqueza da Comunidade de Algas Perifíticas**

A partir da análise do material perifítico, foram identificados 48 táxons pertencentes a 08 (oito) classes taxonômicas. De forma geral, a maior riqueza foi registrada para as classes Bacillariophyceae (diatomácea) e Cyanophyceae,

respectivamente (**Tabela 12**), as quais apresentaram as maiores riquezas, independente do ponto amostrado (**Figura 39**).

Dos táxons identificados, 28 foram identificados em apenas 01 (um) local de amostragem e 09 (nove) foram considerados frequentes, sendo registrados nos 03 (três) troncos coletados (**Tabela 12**). Os 03 (três) locais de amostragem apresentaram padrões de riqueza semelhantes.



**Figura 39.** Riqueza das algas perifíticas nos 03 (três) troncos amostrados na área de influência do AHE Jirau.

**Tabela 12.** Táxons de algas perifíticas identificados nos 03 (três) troncos amostrados na área de influência do AHE Jirau.

	Tronco 1	Tronco 2	Tronco 3
<b>Cyanophyceae/ Cyanobacteria</b>			
<i>Chroococidiopsis</i> sp. <sup>R</sup>		X	
<i>Jaagnema quadripunctulatum</i> (Brühl. et Bis.) Anag. & Kom. <sup>R</sup>		X	
<i>Komvophoron schimidlei</i> (Jaag) Anag. & Kom. <sup>R</sup>		X	
<i>Leibleinia epiphytica</i> (Hieronymus) Comp.	X		X
<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. ex Gom.) Anag. & Kom. <sup>F</sup>	X	X	X
<i>Leptolyngbya</i> cf. <i>subtilis</i> (W. West) Anag.	X	X	
<i>Leptolyngbya thermalis</i> Anag. <sup>F</sup>	X	X	X
<i>Limnothrix</i> cf. <i>planctônica</i> (Wooszyńska) M.-E. Meffert <sup>R</sup>		X	
<i>Nostoc</i> sp. <sup>R</sup>		X	
<i>Phormidium</i> sp. <sup>R</sup>		X	
<i>Pseudoanabaena moniliformes</i> Komárek et Kling		X	X
<i>Pseudoanabaena</i> cf. <i>minina</i> (G.S.An) Anagnostidis		X	X
<i>Pseudoanabaena catenata</i> Lauterborn		X	X
<i>Scytonemataceae</i> sp. <sup>R</sup>		X	
<i>Xenococcaceae</i> sp. <sup>R</sup>		X	
<b>Bacillariophyceae</b>			
<i>Achnanthydium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn. <sup>F</sup>	X	X	X
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simonsen <sup>R</sup>	X		
<i>Craticula</i> cf. <i>cuspidata</i> (Kütz.) Mann <sup>R</sup>		X	
<i>Cocconeis</i> sp. <sup>R</sup>	X		
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	X		X
<i>Eunotia</i> sp. <sup>R</sup>	X		
<i>Fragilaria capuccina</i> Desmazières <sup>R</sup>			X
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenb.) DeToni	X	X	
<i>Frustulia</i> sp. <sup>R</sup>	X		
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg <sup>R</sup>			X
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kützing <sup>F</sup>	X	X	X
<i>Gomphonema</i> sp. <sup>F</sup>	X	X	X
<i>Luticola</i> cf. <i>goeppertiana</i> (Bleis.) Mann <sup>F</sup>	X	X	X
<i>Melosira varians</i> Agardh	X	X	
<i>Navicula</i> sp. <sup>F</sup>	X	X	X
<i>Nitzschia</i> cf. <i>lorenziana</i> Grunow <sup>F</sup>	X	X	X
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) Smith <sup>F</sup>	X	X	X
<i>Nitzschia</i> sp. <sup>R</sup>	X		
<i>Pinnularia</i> cf. <i>braunii</i> (Grun.) Cleve <sup>R</sup>		X	
<i>Pinnularia</i> sp. <sup>R</sup>		X	
<i>Sellaphora</i> sp.	X	X	
<i>Stenopterobia</i> cf. <i>delicatissima</i> (Lew.) Van Heurck <sup>R</sup>			X
<i>Synedra goulardii</i> Brébisson	X	X	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère <sup>R</sup>	X		
<b>Euglenophyceae</b>			
<i>Trachelomonas</i> sp. <sup>R</sup>	X		
<b>Chrysophyceae</b>			
Chrysophyceae sp. <sup>R</sup>	X		
<b>Xantophyceae</b>			
<i>Characiopsis</i> sp. <sup>R</sup>		X	
<b>Cryptophyceae</b>			
Cryptophyceae sp 1 <sup>R</sup>		X	
Cryptophyceae sp 2 <sup>R</sup>			X

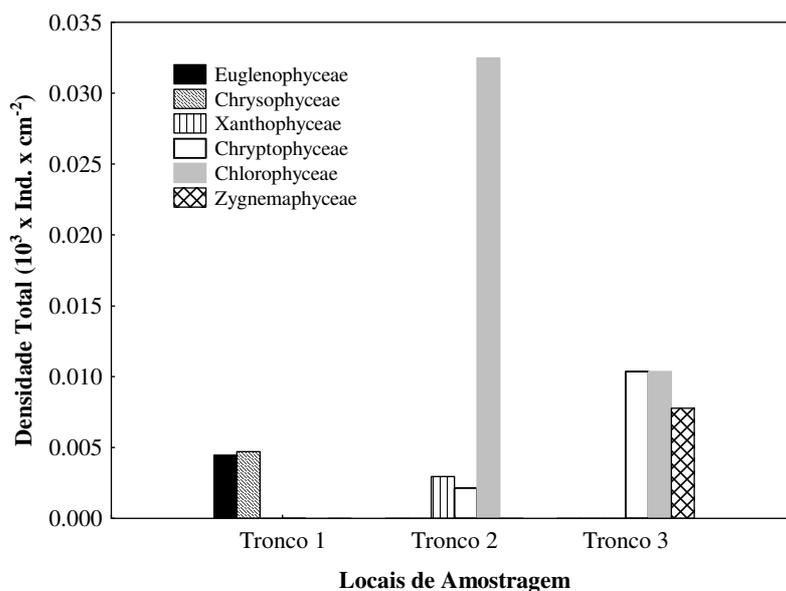
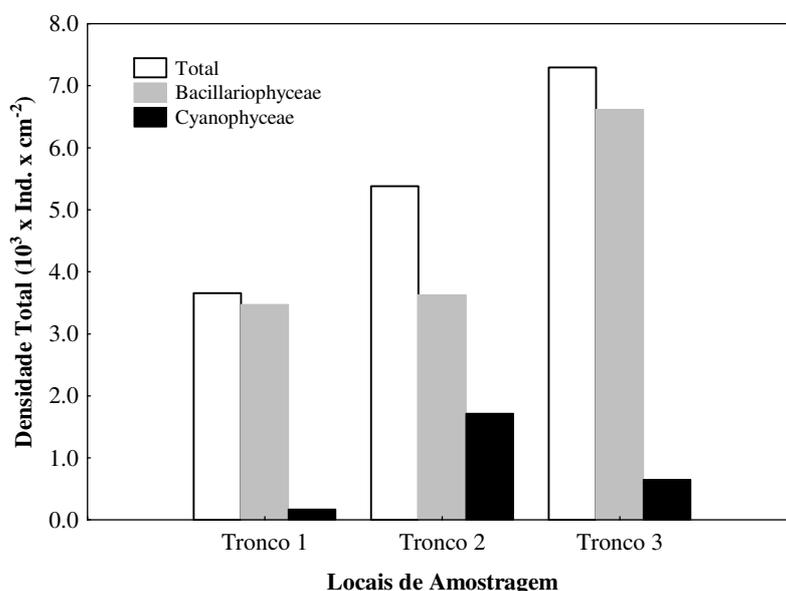
<b>Zygnemaphyceae</b>		
<i>Cosmarium leave</i> Rabenh. <sup>R</sup>		x
<b>Chlorophyceae</b>		
<i>Chaetosphaeridium</i> sp. <sup>R</sup>		x
<i>Monoraphidium pusillum</i> (Printz) Komárková-Legnerová <sup>R</sup>		x
<i>Tetrastum komarekii</i> Hinb.	x	x

<sup>R</sup>Táxons considerados raros.

<sup>F</sup>Táxons considerados frequentes.

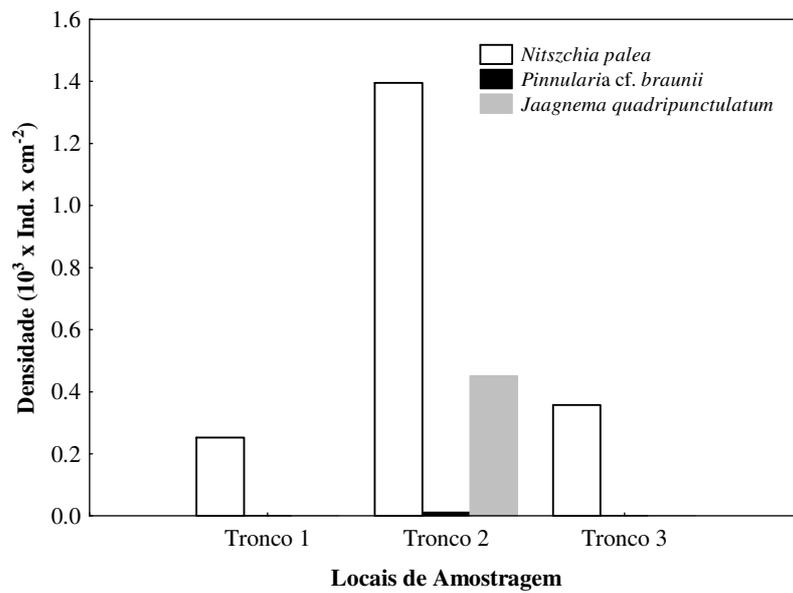
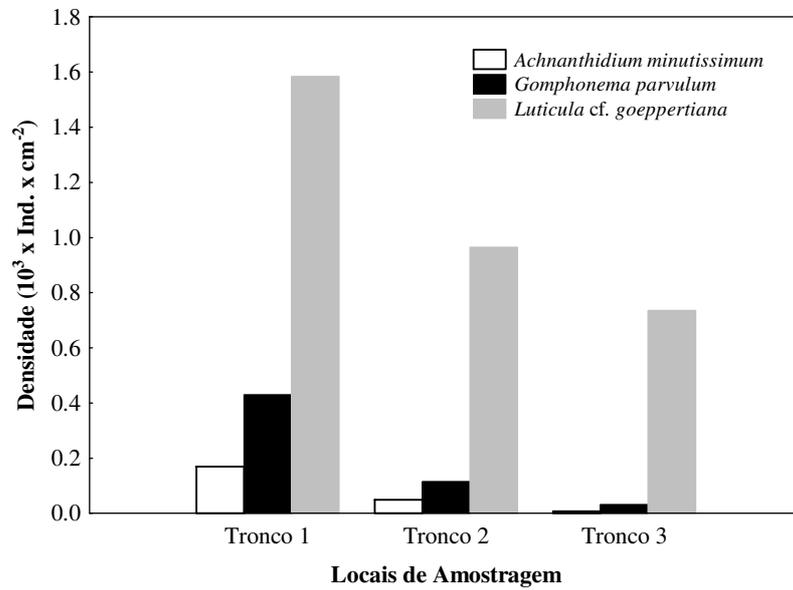
#### 4.7.1.2. Densidade da Comunidade de Algas Perifíticas

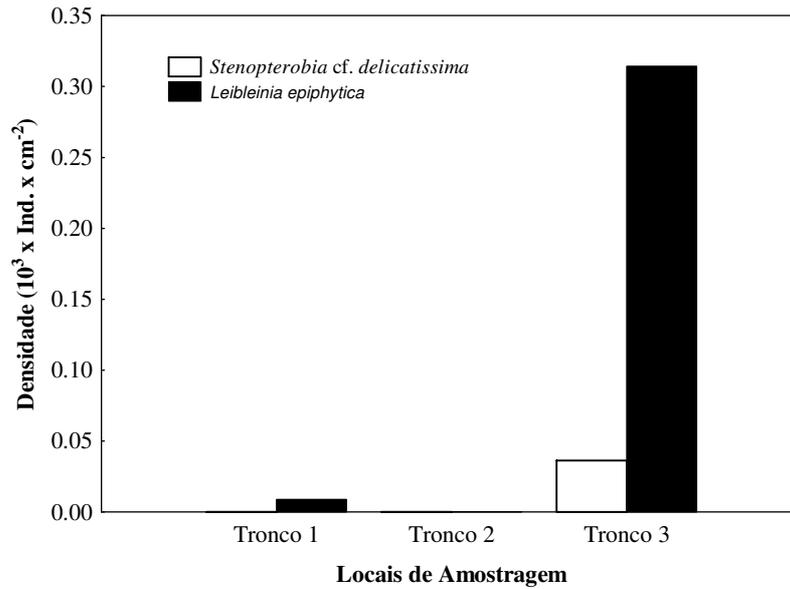
Em todos os pontos de amostragem, a classe Bacillariophyceae apresentou a maior densidade, seguida da classe Cyanophyceae (**Figura 40**).



**Figura 40.** Densidade da comunidade de algas perifíticas nos 03 (três) troncos amostrados na área de influência do AHE Jirau. Nota-se a diferença nas escalas.

As espécies que caracterizaram os pontos de amostragem foram aquelas que apresentaram densidades elevadas ou/e foram exclusivas para algum dos locais amostrados. Estas espécies pertencem às classes Bacillariophyceae e Cyanophyceae exclusivamente (**Figura 41**).

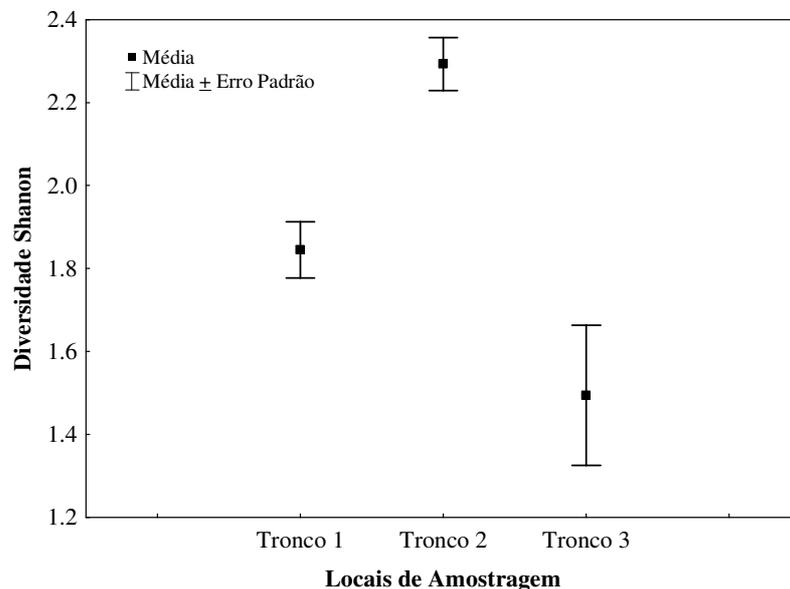




**Figura 41.** Densidade das espécies de algas perifíticas, que diferenciaram os locais de coleta, na área de influência do AHE Jirau. Nota-se a diferença nas escalas.

#### 4.7.1.3. Diversidade da Comunidade de Algas Perifíticas

Com relação à diversidade da comunidade de algas perifíticas, o tronco 2 apresentou a maior diversidade, seguido pelo tronco 1 (**Figura 42**).



**Figura 42.** Diversidade da comunidade de algas perifíticas nos 03 (três) troncos amostrados na área de influência do AHE Jirau.

As espécies abundantes foram definidas como aquelas com densidades superiores às densidades médias de cada amostra. Já as dominantes foram definidas como aquelas que ocorreram em densidades superiores a 50% da densidade total da amostra (LOBO e LEIGHTON, 1986).

No geral, dos 48 táxons registrados, 11 foram considerados abundantes em pelo menos um local amostrado e apenas 01 (um) táxon foi considerado dominante, sendo a maioria pertencente à classe Bacillariophyceae.

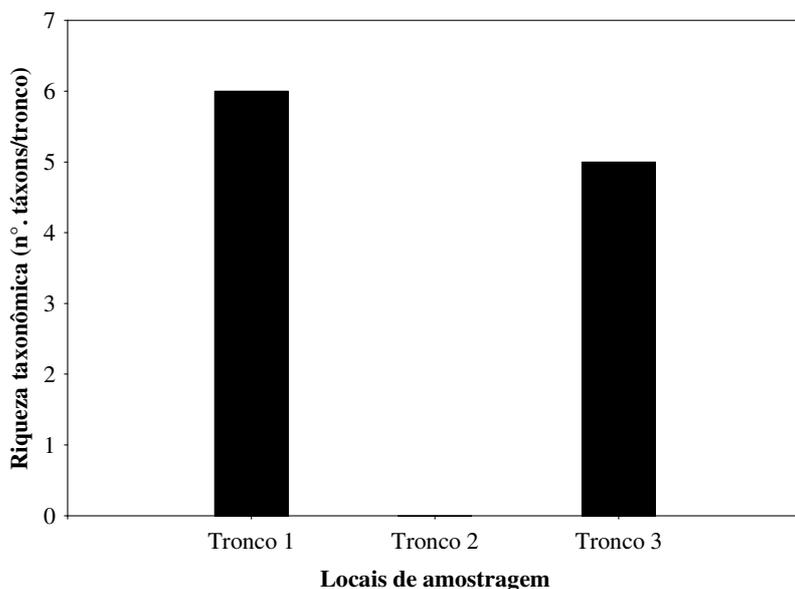
No tronco 1, dos 24 táxons registrados, 08 (oito) foram considerados abundantes: *Achnantheidium minutissimum*, *Eunotia* sp., *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema* sp., *Luticola* cf. *goeppertiana*, *Navicula* sp., *Nitzschia palea* e *Synedra goulardii*. No tronco 2, 05 (cinco) táxons foram considerados abundantes: *Luticola* cf. *goeppertiana*, *Navicula* sp., *Nitzschia palea*, *Leptolyngbya foveolarum* e *Pseudoanabaena* cf. *minina*. No tronco 3, apenas 02 (dois) táxons foram considerados abundantes: *Luticola* cf. *goeppertiana* e *Nitzschia* cf. *lorenziana*. Neste ponto, *Navicula* sp. foi considerada dominante.

De maneira geral, foi possível verificar que as classes Bacillariophyceae (diatomáceas) e Cyanophyceae (cianobactérias) prevalecerem tanto em termos de riqueza quanto em relação à densidade das algas perifíticas nos 03 (três) locais de coleta. Estes grupos de algas são considerados os mais importantes qualitativamente em diversos ambientes tropicais (FONSECA, 2004; BORGES *et al.*, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2005), pois as algas da classe Bacillariophyceae são consideradas colonizadoras rápidas e eficientes (STEVENSON, 1996). Por outro lado, as cianobactérias são extremamente oportunistas (HUZSAR *et al.*, 2000). Essas características explicam a predominância desses grupos de algas na área de influência do AHE Jirau, que apresenta elevada velocidade da água e turbidez.

#### **4.7.2. Comunidade Zoobentônica**

Foram identificados 07 (sete) táxons nos troncos coletados no rio Madeira. O tronco 1 apresentou 06 (seis) táxons, o tronco 2 não apresentou nenhum táxon e o tronco 3 apresentou 05 (cinco) táxons (**Tabela 13** e **Figura 43**). Foram identificados 03 (três) gêneros de Ephemeroptera, sendo o *Thraulodes* (Leptophlebiidae) considerado bioindicador de boas condições. Por outro lado, o *Cloeodes* (Baetidae) é encontrado também em locais que apresentam algum tipo de alteração. As ninfas de Baetidae são abundantes em águas correntes, por incluir espécies com alta capacidade de natação e curto ciclo de vida nos trópicos (JACKSON e SWEENEY, 1995). Em função da diversidade das espécies de Ephemeroptera com hábitat específico (LANDA e SOLDÁN, 1995) e das distintas respostas apresentadas pelas espécies à degradação

ambiental, as ninfas podem ser consideradas indicadores ambientais e utilizadas em programas de biomonitoramento de qualidade da água (DA SILVA, 1997).

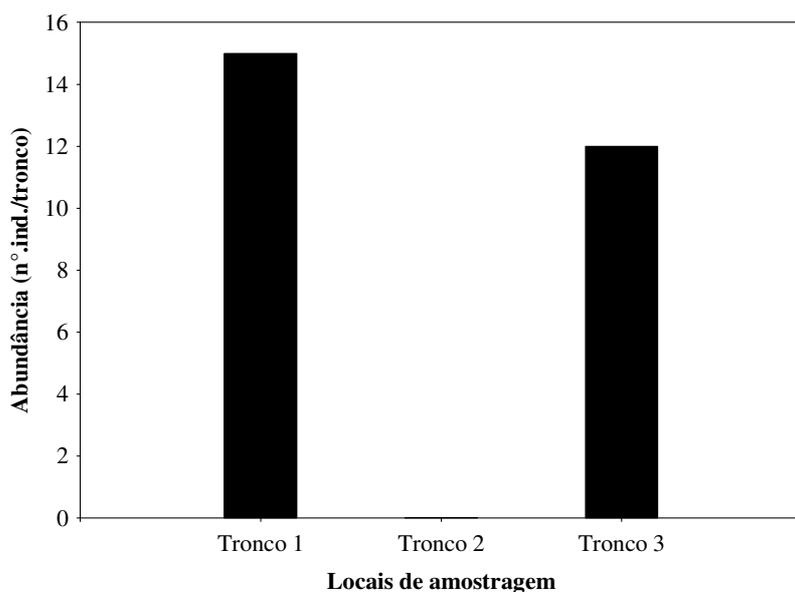


**Figura 43.** Riqueza taxonômica da comunidade zoobentônica, registrada nos 03 (três) troncos amostrados em janeiro de 2010.

**Tabela 13.** Táxons registrados nos 03 (três) troncos amostrados ao longo do rio Madeira, em janeiro de 2010.

Táxons		Tronco 1	Tronco 2	Tronco 3
Diptera	Chironomidae	2	0	2
	Ceratopogonidae	2	0	0
Coleoptera	Elmidae	1	0	3
Ephemeroptera	<i>Cloeodes</i>	2	0	3
	<i>Leptohyphes</i>	1	0	2
	<i>Thraulodes</i>	7	0	0
Megaloptera	<i>Corydalus</i>	0	0	2
<b>Abundância total</b>		15	0	12
<b>Riqueza</b>		6	0	5

A maior abundância dos táxons foi registrada no tronco 1 (**Figura 44**). Foram encontrados 07 (sete) indivíduos de *Thraulodes* (Ephemeroptera) no tronco 1, enquanto que no tronco 3 o *Cloeodes* (Ephemeroptera) e o Elmidae (Coleoptera) apresentaram-se em maior número, com 03 (três) indivíduos cada (**Tabela 13**).



**Figura 44.** Abundância registrada nos 03 (três) troncos amostrados em janeiro de 2010.

## 5. Monitoramento Limnológico em Tempo Real

No presente relatório estão apresentados os resultados físicos e químicos da água obtidos entre os dias 01 de novembro de 2009 a 10 de março de 2010 no sistema de monitoramento em tempo real instalado no rio Madeira.

O sistema foi desenvolvido com o objetivo de monitorar, automaticamente, 07 (sete) variáveis da qualidade da água na sub-superfície, em cumprimento ao item "b" da condicionante 2.18 da Licença de Instalação n° 621/2009. As seguintes variáveis são medidas: pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos totais dissolvidos e profundidade.

### 5.1. Localização do Sistema de Monitoramento em Tempo Real

Após levantamento de campo realizado em agosto de 2009, definiu-se que o local mais apropriado para a instalação do sistema seria na estação de medição de nível d'água RS 3 – Lucas, cuja localização é apresentada na **Tabela 14** abaixo e no **Anexo III**. Este ponto está localizado a jusante do eixo da barragem do AHE Jirau, atendendo, assim, as especificações constantes na referida condicionante para o primeiro ponto de medição. A escolha desse ponto também levou em consideração a facilidade de acesso ao local, a proximidade com o canteiro de obras, a presença de pessoas no local, o que facilita a segurança das instalações do sistema, bem como a existência de relativo remanso do rio Madeira.

**Tabela 14.** Coordenadas geográficas do local de instalação do sistema de monitoramento em tempo real no rio Madeira.

Estação	Coordenadas	
	Geográficas	UTM
RS 3 - LUCAS	09° 12' 08.1'' 64° 36' 28.7''	8.982.387 (N) 323.338 (E)

## 5.2. Materiais e Métodos

O sistema de monitoramento em tempo real é composto fundamentalmente pelos seguintes componentes:

- Sonda multiparamétrica fixada na margem direita do rio Madeira (**Figura 45**);
- Pannel solar para alimentação da sonda multiparamétrica;
- Antena e acessórios instalados na margem do rio Madeira para o envio dos dados (**Figura 46**).

A sonda multiparamétrica utilizada no sistema é de marca Eureka, modelo Manta, de fabricação americana. A sonda possui sensores de pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos totais dissolvidos e profundidade, e foi mantida a uma profundidade de 1 m. Os dados obtidos pela sonda multiparamétrica foram transmitidos em tempo real via satélite para um servidor central de São Carlos-SP, a partir do qual, os dados armazenados foram acessados via internet pelo IIEGA para elaboração do presente relatório.



**Figura 45.** Local onde a sonda multiparamétrica do sistema de monitoramento em tempo real está fixada, na margem direita do rio Madeira (RS 3 - Lucas), a jusante da futura barragem do AHE Jirau.

A aquisição e a transmissão de dados do sistema de monitoramento em tempo real foram iniciadas em 15 de outubro de 2009. Entre os meses de novembro de 2009 e o início de janeiro de 2010 o sensor de turbidez da sonda apresentou avaria. Por esse motivo, no presente relatório estão apresentados apenas os valores de turbidez obtidos entre os meses de janeiro e março de 2010.



**Figura 46.** Antena de transmissão e abrigo temporários do sistema de monitoramento em tempo real instalados na margem do rio Madeira (RS 3 - Lucas).

### 5.3. Resultados

Na **Figura 47** abaixo estão apresentados os gráficos da variação de temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e sólidos totais dissolvidos obtidos no sistema de monitoramento em tempo real entre novembro de 2009 a março de 2010. Na **Tabela 14** são apresentados os valores mínimos, máximos e médios dessas variáveis.

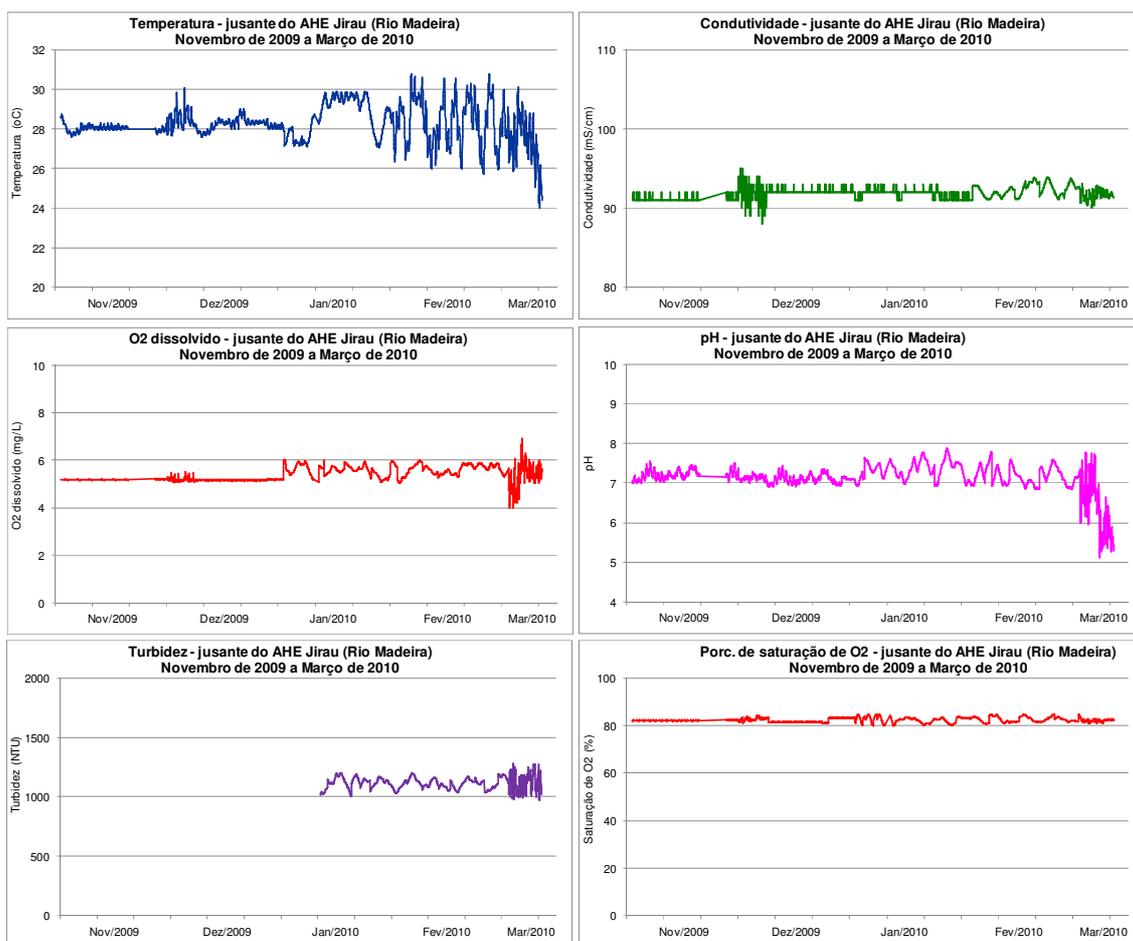
A temperatura da água variou entre 23,99 a 30,81°C, com média de 28,27°C. A condutividade variou de 88 a 95  $\mu\text{S/cm}$ , cuja média foi de 92  $\mu\text{S/cm}$ . O oxigênio dissolvido variou de 4,01 a 6,91mg/L, cuja média foi de 5,40 mg/L. Já o pH variou de 5,11 a 7,88, com média foi de 7,15. A porcentagem de saturação de  $\text{O}_2$  variou de 80,1 a 84,4 %, com média de 82,4 %, sendo que os valores de turbidez entre janeiro e março de 2010 estiveram na faixa de 971,7 a 1.279,4 NTU, com média de 1115,4 NTU.

As oscilações dos valores de temperatura observadas durante o período monitorado, em especial nos meses de fevereiro e março de 2010 podem estar relacionados ao aquecimento da água durante o período diurno e ao resfriamento durante o período noturno.

Os elevados valores de turbidez (acima de 1.000 NTU) entre janeiro e março de 2010 se devem ao período das chuvas na bacia do rio Madeira, que promoveu o aporte

significativo de material particulado para o rio. Medidas de turbidez realizadas em laboratório pela Life Projetos Limnológicos bem como pela Associação Instituto Internacional de Ecologia, em janeiro de 2010, confirmaram os elevados valores de turbidez das amostras de água coletadas no mesmo local onde a sonda multiparamétrica do sistema de monitoramento em tempo real é mantida.

As demais variáveis físicas e químicas não apresentaram variações muito significativas durante o período monitorado.



**Figura 47.** Variações de temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e sólidos totais dissolvidos observadas no sistema de monitoramento em tempo real instalado no rio Madeira entre novembro de 2009 a março de 2010.

**Tabela 14.** Valores mínimos, máximos e médios das variáveis físicas e químicas observadas entre novembro de 2009 a março de 2010 no sistema de monitoramento em tempo real instalado no rio Madeira (RS 3- Lucas), a jusante da futura barragem do AHE Jirau.

	Temperatura (°C)	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sat. Oxigênio (%)	pH	Turbidez (NTU)
Mínimo	23,99	88	4,01	80,1	5,11	971,7
Máximo	30,81	95	6,91	84,8	7,88	1279,4
Média	28,27	92	5,4	82,4	7,15	1115,4

## 6. Considerações Finais

### *Variáveis Abióticas*

De forma geral, considerando que as águas do sistema monitorado são enquadradas na classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, grande parte do trecho monitorado, em janeiro de 2010, apresentou resultados compatíveis com os limites preconizados pela referida resolução. Os seguintes resultados divergiram, no entanto, da referida resolução:

- valores de pH inferiores a 6,0 nos pontos P7, P10, P12, P13, P15, P16 e P17, todos localizados nos tributários do rio Madeira. No entanto, é necessário lembrar que os valores de pH registrados nesses pontos podem ser naturalmente menores que 6,0, tendo em vista que estes são ambientes ricos em compostos húmicos);
- concentração de oxigênio dissolvido menor que 5,0 mg/L nos pontos P1, P4, P7, P10, P11, P16 e P17;
- valores de turbidez superiores a 100 NTU nos pontos P1, P2, P6, P9, P14, P18 e P19, localizados nos rios Mamoré e Madeira;
- valores de cor superiores a 75 mg Pt/L nos pontos P1, P2, P6, P7, P9, P16, P17, P18 e P19;
- concentração de fósforo total superior a 0,1 mg/L nos pontos P1, P2, P6, P9, P14, P18 e P19, localizados nos rios Mamoré e Madeira;
- concentração de sulfeto superior a 0,002 mg/L em todos os pontos de coleta;
- concentrações de óleos e graxas detectáveis nos pontos P1, P2, P3, P4, P7, P8, P10, P13, P14, P15, P17, P19 e P20;
- densidades de coliformes fecais (termotolerantes) superiores a 1000 NMP/100ml nos pontos P13, localizado na área alagada do rio Mutum-Paraná e P17, situado no igarapé Jirau.

De maneira geral, em janeiro de 2010, houve uma grande diferenciação entre os locais de monitoramento localizados no rio Madeira e aqueles localizados nos tributários. Especificamente, os trechos monitorados no rio Madeira, quando comparados com aqueles localizados nos tributários, apresentaram maiores valores de oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos suspensos totais, alcalinidade, dureza, ferro total, orto-fosfato e fósforo total.

Entre setembro de 2009 e janeiro de 2010 houve um aumento significativo nos valores de turbidez, sólidos suspensos e fósforo total. Esses resultados demonstram a forte influência do regime de precipitação (maior em janeiro) e do consequente aumento das taxas de escoamento superficial, sobre as variáveis indicadoras da luminosidade subaquática. No entanto, um ponto interessante que deve ser destacado é que os efeitos do aumento das taxas de escoamento superficial, que aumenta as cargas de matéria para os ecossistemas aquáticos, são conspicuamente detectados somente nos pontos localizados nos rios Mamoré e Madeira.

Além disso, entre setembro de 2009 e janeiro de 2010, houve um decréscimo nos valores de IQA, que pode ser atribuído ao aumento dos valores de turbidez, sólidos totais, fósforo total e coliformes fecais.

Destaca-se ainda que, nos 02 (dois) meses monitorados, foram mensuradas baixas concentrações de clorofila-*a*, sulfato, cloreto, DBO<sub>5</sub> e compostos nitrogenados.

Padrões consistentes poderão ser identificados apenas após a obtenção de uma maior quantidade de dados ao longo de, pelo menos, um ciclo sazonal. A mesma afirmação pode ser aplicada aos problemas de qualidade da água.

### ***Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traços***

As análises de elementos traços, em janeiro de 2010, também demonstraram a boa qualidade da água do trecho monitorado, tendo em vista que os teores encontrados em todas as amostras analisadas estão abaixo do valor preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, assim como observado em setembro de 2009. De maneira geral, as fontes dos elementos traços estudados na região de influência do AHE Jirau são, provavelmente, o intemperismo e a erosão das rochas das bacias de drenagem, não havendo influência de fontes poluidoras.

Atualmente, no Brasil, não existe legislação específica sobre limites máximos de metais permitidos em peixes de água doce para o consumo humano, contudo, pode ser utilizado como referência a Portaria ANVISA nº 685 de 27 de agosto de 1998. Desta forma, os teores destes elementos traços encontrados nas amostras de peixe analisadas estão abaixo do valor preconizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária para o consumo humano.

De maneira geral, em ambos os meses de monitoramento (setembro/outubro de 2009 e janeiro de 2010), os teores dos elementos traço determinados nas amostras de peixe e nos compartimentos ambientais amostrados na bacia do rio Madeira estão de

acordo com os níveis naturais relatados na literatura para a região Amazônica e legislações vigentes, indicando não haver interferência antropogênica.

### ***Monitoramento Limnológico no Canteiro de Obras***

No mês de janeiro de 2010, foi realizada campanha de monitoramento limnológico do canteiro de obras do AHE Jirau, utilizando os onze pontos determinados na Licença de Instalação nº 563/2008 e os parâmetros determinados na Licença de Instalação nº 621/2009.

Durante a execução da campanha, 01 (um) ponto de monitoramento no do rio Madeira (onto P11) estava localizado no interior do recinto 3 (entre a margem direita e a Ilha Pequena), o qual estava fechado devido à construção da ensecadeira J3 e, por este motivo, não pode ser acessado e monitorado no âmbito do Programa de Monitoramento Limnológico do AHE Jirau. Nos demais pontos, amostras foram devidamente coletadas e encaminhadas para análise.

Em relação aos resultados obtidos nas análises físico-químicas do rio Madeira, pôde-se observar que, assim como o observado nas campanhas anteriores, os parâmetros turbidez e cor estiveram acima dos limites de enquadramento estabelecidos na legislação. Entretanto, este fato pode ser atribuído às características do corpo hídrico e não às interferências causadas pelas obras de construção do AHE Jirau.

Já nos resultados obtidos nas análises físico-químicos dos ribeirões, pôde-se observar que, assim como o observado nas campanhas anteriores, os parâmetros pH e cor apresentaram valores acima dos limites de enquadramento estabelecidos na legislação. Novamente, este fato pode ser atribuído às características do corpo hídrico, principalmente no que se refere ao pH.

O relatório referente às análises físico-químico do rio Madeira e ribeirões é apresentado no **Anexo V**.

A avaliação das comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos, na área de influência direta do canteiro de obras do AHE Jirau, indicaram, de maneira geral, que os maiores valores de riqueza, diversidade e densidade foram observados nos afluentes, enquanto que os menores valores foram obtidos no rio Madeira. As características desse rio, especificamente, a alta velocidade da corrente, a alta concentração de sólidos e a baixa disponibilidade de luz na massa de água, foram os principais fatores limitantes ao estabelecimento do plâncton. Em relação à comunidade de macroinvertebrados bentônicos, a principal limitação refere-se à alta velocidade da água, que transporta o

sedimento com maior facilidade, tornando difícil a colonização e a permanência dessa comunidade. Outros fatores como o fato do sedimento ser composto por partículas pequenas, como silte e argila, o tornam ainda mais instável devido à maior facilidade de carreamento. Quanto a possíveis modificações dessas comunidades pelas atividades dos canteiros de obras, observou-se somente uma redução nos atributos medidos das comunidades planctônicas no ponto P8 em relação ao ponto P7. O relatório de comunidades bióticas segue no **Anexo V**.

### ***Comunidades Biológicas***

A comunidade fitoplanctônica amostrada no mês de janeiro de 2010, na área de influência do AHE Jirau, foi constituída por 147 táxons, distribuídos entre 09 (nove) grupos taxonômicos. Zygnemaphyceae (29%), Bacillariophyceae (23%), Chlorophyceae (18%) e Cyanobacteria (12%) foram os principais grupos para a diversidade fitoplanctônica.

Foram registrados baixos valores de riqueza de espécies fitoplanctônicas na maioria dos pontos monitorados no mês de janeiro de 2010, sendo inferiores aos obtidos em setembro de 2009. Altos valores de riqueza de espécies foram verificados no rio Cotia, na área alagada do rio Mutum-Paraná, no igarapé Caiçara e na foz do rio Mutum-Paraná.

Foram registrados valores extremamente baixos de densidade e biovolume fitoplanctônico nos pontos amostrados na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010, especialmente no rio Madeira, o qual apresentou uma média de  $35 \text{ ind.mL}^{-1}$  e  $0,15 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$  por amostra. Utilizando os critérios de Vollenweider (1968, apud LIND *et al.*, 1993), para a caracterização trófica dos ambientes segundo os valores de biovolume fitoplanctônico, os pontos monitorados na área de influência do AHE Jirau podem ser classificados como oligotróficos.

Os baixos valores de densidade e biomassa podem ser atribuídos à alta velocidade de corrente e turbidez da água, especialmente no rio Madeira. De fato, o desenvolvimento fitoplanctônico em sistemas com alta velocidade de corrente é limitado principalmente por fatores físicos como a elevada vazão, que provoca choque mecânico sobre as células algais dificultando seu crescimento e a alta carga de materiais inorgânicos, que resultam em baixa transparência da água.

As cianobactérias apresentaram baixo número de células e baixos valores de biovolume em janeiro de 2010, o que permitiu enquadrar as águas dos pontos

monitorados na classe 2, segundo os padrões de qualidade para os corpos de água preconizados pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Ressalta-se que as cianobactérias foram representadas por táxons característicos de ambientes eutróficos e potencialmente tóxicos, os quais apresentam ampla tolerância ambiental e podem desenvolver florações em condições de estabilidade da coluna d'água e altas concentrações de nutrientes.

A despeito dos baixos valores de densidade e biomassa fitoplanctônica, registrados principalmente no rio Madeira, a alta complexidade taxonômica registrada nos tributários indica que estes representam uma potencial fonte de inóculos de algas para o futuro reservatório, os quais poderão desenvolver expressivas populações no mesmo.

A análise da composição zooplânctônica nas amostras coletadas em janeiro de 2010, na área de influência do AHE Jirau, evidenciou, mais uma vez, um elevado número de espécies na área de estudo, um pouco superior àquele registrado no primeiro período de amostragem, se consideradas apenas as amostras do monitoramento.

Mais uma vez, rotíferos e testáceos se destacaram em termos de riqueza de espécies e densidade na maior parte dos ambientes amostrados, padrão este que tem caracterizado o plâncton de rios ou potamoplâncton. Por outro lado, os microcrustáceos, especialmente os cladóceros, em janeiro de 2010, predominaram em termos de biomassa na maior parte dos pontos de amostragem.

Ainda em relação aos resultados de densidade e biomassa, temporalmente observou-se, em geral, incremento nos valores do primeiro atributo e redução do segundo. Tal resultado se deveu, provavelmente, a uma maior densidade de rotíferos e testáceos, organismos estes de pequeno porte, e conseqüentemente uma menor participação de microcrustáceos, especialmente de copépodes na biomassa total do zooplâncton. Tais diferenças temporais foram, a princípio, associadas a um provável incremento na velocidade de corrente, em pelo menos parte da área de estudo, favorecendo especialmente os rotíferos, em detrimento aos microcrustáceos.

Considerando-se a distribuição vertical dos atributos da comunidade zooplânctônica, referentes as amostras tomadas em diferentes profundidades no rio Madeira, no ponto P18) não foram, em geral, observadas diferenças nos valores de densidade, biomassa e riqueza entre as 03 (três) profundidades analisadas.

Especialmente, uma Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) evidenciou, mais uma vez, diferença na estrutura da comunidade zooplânctônica entre o

rio Madeira e os seus tributários, quando considerada a densidade e a ocorrência das principais espécies registradas.

Por fim, mais uma vez, a co-ocorrência das espécies do gênero *Thermocyclops*, *T. minutus* e *T. decipiens*, com o predomínio da primeira, sugerem, uma boa qualidade ambiental para a área de influência do AHE Jirau.

A comunidade de invertebrados bentônicos registrada em janeiro de 2010 na área de influência do AHE Jirau apresentou baixa diversidade. Chironomidae (Diptera) e Oligochaeta (Annelida) apresentaram as maiores frequências e abundâncias médias. Ao contrário da amostragem realizada em setembro de 2009, em janeiro de 2010 não foram identificados gêneros de Trichoptera. Foi registrado apenas um gênero de Ephemeroptera (*Cloeodes*), que é comumente encontrado em rios. O tipo de substrato registrado na maioria dos locais amostrados não é favorável aos táxons mais sensíveis dessas ordens. Além disso, o intenso período chuvoso pode ter influenciado na diminuição da riqueza nos locais amostrados.

#### ***Comunidades Biológicas Associadas à Madeira Flutuante - Ecologia da Madeira***

Pela análise dos dados obtidos nos 03 (três) troncos amostrados na área de influência do AHE Jirau, foi possível verificar que as classes Bacillariophyceae (diatomáceas) e Cyanophyceae (cianobactérias) prevalecerem tanto em termos de riqueza quanto em relação à densidade das algas perifíticas. Estes grupos de algas são considerados os mais importantes qualitativamente em diversos ambientes tropicais (FONSECA, 2004; BORGES *et al.*, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2005), pois as algas da classe Bacillariophyceae são consideradas colonizadoras rápidas e eficientes, podendo ocupar os substratos no espaço de um dia (STEVENSON, 1996). Por outro lado, as cianobactérias são um grupo de algas extremamente oportunistas (HUZSAR *et al.*, 2000).

Ambas as classes (Bacillariophyceae e Cyanobacteria) são excelentes competidoras quando comparadas a outros grupos algais, pois segundo Van Dam (2002) os movimentos realizados pelas diatomáceas e cianobactérias ao redor do substrato, deslizando através da excreção de mucilagem polissacarídica, que se prende ao substrato (diatomáceas), ou usando fibrilas contráteis de suas paredes celulares, fazem com que esses grupos aproveitem de melhor maneira as diferentes condições de nutrientes e luz. Assim, esses grupos algais podem se mover para fora de áreas onde a luz e/ou nutrientes se tornam limitantes. Portanto, a comunidade de algas perifíticas,

para os 03 (três) locais de coleta no rio Madeira, respondeu sensivelmente as condições hidrodinâmicas do ambiente, tais como alta velocidade de corrente e elevada turbidez, oferecendo vantagem competitiva às diatomáceas, que estão adaptadas a fortes perturbações mecânicas.

A comunidade bentônica registrada nos troncos amostrados no rio Madeira demonstrou que o trecho onde foi realizada a amostragem apresenta boas condições, pois foi identificado o gênero *Thraulodes*, o qual é registrado apenas em locais que apresentam boa qualidade da água.

## 7. Referências

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Byrd Prepress Springfield, 2005.
- AZIM, M.E.; BEVERIDGE, M.C.M.; VAN DAM, A.A.; VERDEGEM, M.C.J. Periphyton and aquatic production: an introduction. In: AZIM, M.E.; BEVERIDGE, M.C.M.; VAN DAM, A.A.; VERDEGEM, M.C.J. (Org.). **Periphyton: Ecology, exploitation and management**. Cambridge: CABI Publishing, 2005. p. 1-13.
- BASU, B.K.; PICK, F.R. Factors regulating phytoplankton and zooplankton biomass in temperate river. **Journal of Plankton Research**, v. 19, p. 237-253, 1996.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; POZZA, S.A. **Qualidade de águas**: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande: Editora FURG, 2001. 166p.
- BICUDO D.C. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 3, n. 1, p. 459-475, 1990.
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil**: chave para identificação e descrições. São Carlos: RIMA, 2006. 489 p.
- BORGES, P.A.F.; RODRIGUES, L.C.; PAGIORO, T.A.; TRAIN, S. Spatial variation of phytoplankton and other abiotic variables in the Pirapó River -PR (Brazil) in august 1999: Preliminary study. **Acta Scientiarum**, v. 25, p. 1-8, 2003.
- BORGES, P.A.F.; TRAIN, S.; RODRIGUES, L.C. Estrutura do fitoplâncton, em curto período de tempo, em um braço do reservatório de Rosana (ribeirão do Corvo). **Acta Scientiarum: Biological Science**, v. 30, n. 1, p. 57-65, 2008
- BRANDIMARTE, A.L.; ANAYA, M.; SHIMIZU, G.Y. Comunidades de invertebrados bentônicos nas fases pré e pós-enchimento em reservatórios: um estudo de caso no

- reservatório de aproveitamento múltiplo do Rio Mogi-Guaçu (SP). In: HENRY, R. (Org.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. FAPESP, 1999. p. 375-408.
- CABIANCA, M.A.A.; SENDACZ, S. Limnologia do reservatório do Borba (Pindamonhangaba,SP). II-Zooplâncton. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 12, p. 86-95, 1985.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. Biomonitoramento da macrofauna bentônica de Chironomidae (Diptera, Insecta) em dois igarapés amazônicos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita. **Oecologia Brasiliensis**, v. 5, p. 299-309, 1998.
- CALMON, A.S.Q.; BORGES, H.L.F.; PINTO, G.A.; MELO V.F.; COSTA, B.D.F.; SEVERI, W. Comunidade de invertebrados bentônicos do Reservatório da UHE Funil (BA) – Estudos preliminares. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu – MG, 2007.
- CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, p. 361-369, 1977.
- CARMOUZE, J.P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, Fapesp, 1994. 254 p.
- CODD, G.A.; MORRISON, L.F.; METCALF, E.J.S. Cyanobacterial toxins: risk management for health protection. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 203, p. 264-272, 2005.
- CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução CONAMA nº 357, de março de 2005, Brasília, SEMA, 2005.
- CRANSTON, P.S. Introduction. In: ARMITAGE, P.D.; CRANSTON, P.S.; PINDER, L.C.V. (Org.). **The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges**. London: Chapman & Hall, 1995. 571 p.
- DA SILVA, E.R.A. Alimentação de ninfas de *Callibaetis guttatus* Navás, 1915 (Ephemeroptera, Baetidae) em um brejo temporário do litoral do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 41, p. 53-55, 1997.
- EDMUNDS Jr., G.F.; JENSEN, S.L.; BERNER, L. **The Mayflies of North and Central America**. University of Minnesota Press, 1979. 330 p.

- EPLER, J.H. **Identification Manual for the Larvae Chironomidae (Diptera) of Florida**. Tallahassee: Department of Environmental Protection. Division of water facilities, 1995. 308 p.
- FELISBERTO, S.; RODRIGUES, L. Comunidade de algas perifíticas em reservatórios de diferentes latitudes. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. (Orgs.). **Biocenose em reservatórios: padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RiMa, 2005. p. 97-114.
- FERNANDES, V.O. Perifíton: conceitos e aplicações da limnologia a engenharia. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO M. (Orgs.). **Lições de limnologia**. São Paulo: RiMa, 2005. p. 351-370.
- FONSECA, I.A. Comunidade perifítica, com ênfase para cianobactérias, em distintos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual de Maringá, PR, 2004.
- GOLDSBOROUGH, L.G., ROBINSON, G.G.C. Pattern in wetlands. In: STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M.L.; LOWE, R.L. (Orgs.). **Algal Ecology in Freshwater Benthic Ecosystems**. Academic Press, 1996. p. 77-117.
- GOLDSBOROUGH, L.G.; MCDUGAL, R.L.; NORTH, A.K. Periphyton in freshwater lakes and wetlands. In: AZIM, M.E.; BEVERIDGE, M.C.M.; VAN DAM, A.A.; VERDEGEM, M.C.J. (Orgs.), **Periphyton: Ecology, exploitation and management**. Cambridge: CABI Publishing, 2005. p. 71-89.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1978. (IBP Handbook, no. 8) 214 p.
- GONÇALVES, J.F.JR.; CALLISTO, M.; FONSECA, J.J. Relações entre a composição granulométrica do sedimento e as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida (Macaé, RJ). In: ESTEVES, F.A. (Org.). **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1998. p. 299-310.
- HAPPEY-WOOD, C.M. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: SANDGREN, C.D. (Org.). **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p. 175-226.

- HUSZAR, V.L.M.; SILVA, L.H.S.; MARINHO, M.; DOMINGOS, P.; SANT'ANNA, C.L. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. **Hydrobiologia**, v. 424, p. 67-77, 2000.
- HYNES, H.B. **The ecology of running waters**. Canada: University of Toronto Press, 1970. 555p.
- JACKSON, J. K.; SWEENEY, E W. Egg and larval developmental cycles of central European times for 35 species of tropical stream insects from Costa Rica. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 14, p. 115-130, 1995.
- JANSSON, M.; BLOMQUIST, P.; JONSSON, A.; BERGSTRÖM, A.K. Nutrient limitation of bacterioplankton, autotrophic and mixotrophic phytoplankton, and heterotrophic nanoflagellates in Lake Örträsket. **Limnology and Oceanography**, v. 41, p. 1552-1559, 1996.
- JOHNSON, R.K.; WIEDERHOLM, T.; ROSENBERG, D.M. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. (Orgs.) **Freshwater biomonitoring and benthics macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1992. 487p.
- JONGMAN, R.H.G., TER BRAAK, E.C.J.F. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge: University Press, 1995. 324 p.
- KALFF, J. **Limnology**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 592 p.
- KIKUCHI, R.M.; UIEDA, V.S. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: NESSIMIAN, J.L.; CARVALHO, A.L. (Org.). **Ecologia de insetos aquáticos**. Series Oecologia Brasiliensis. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1998. p. 157-173.
- KIMMEL, B.L., LIND, O.T.; PAULSON, L.J. Reservoir primary production. In: THORNTON, K.W., KIMMEL, B.L.; PAINE, F.E. (Org.). **Reservoir limnology: Ecological Perspectives**. New York: John Wiley e Sons, 1990. p. 133-193
- KLAVENESS, D. Ecology of the Cryptomonadida: a first review. In: SANDGREN, C. (Org.). **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p. 105-133
- KOBAYASHI, T.R.J. *et al.* Freshwater zooplankton in the Hawkesbury-Nepean River: comparison of community structure with other rivers. **Hydrobiologia**, v. 377, p. 133-145, 1998.

- KULMANN, M.L.; HAYASHIDA, C.Y.; ARAÚJO, R.P.A. Using *Chironomus* (Chironomidae:Diptera) mentum deformities in environmental assessment. **Acta Limnologia Brasiliensis**, v. 12, p. 55-61, 2000.
- LAMPARELLI, M.C. **Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento**. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2004. 238 p.
- LANDA, V.; SOLDÁN, T. Mayflies as bioindicators of water quality and environmental change on a regional and global scale. In: CORKEM, L.D.; CIBOROWSKI, J.J.H. (Orgs.). **Current directions in research on Ephemeroptera**. Toronto: Canadian Schobar's Press Inc., 1995. p. 21-29.
- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Comunidade zooplanctônica. In: VAZZOLER, A.E.A.M. *et al.* (Org.). **A planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, 1997. p. 117-155.
- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Estrutura da comunidade zooplanctônica antes e após a formação do reservatório de Corumbá-GO. In: HENRY, R (Org.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: Fundibio/Fapesp, 1999. p. 347-74.
- LANSAC-TÔHA, F.A.; BONECKER, C.C.; VELHO, L.F.M. Zooplankton in the upper Paraná river floodplain: richness, abundance and relationships with the hydrological level and the connectivity. In: AGOSTINHO, A. A. *et al.* (Org.). **Structure and Function of the Paraná River and its floodplain**. Maringá: EDUEM, 2004. p. 75-84.
- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Estrutura da comunidade zooplanctônica em reservatórios. In: RODRIGUES, L. *et al.* (Org.). **Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais**. São Carlos: RIMA, 2005. p. 115-128.
- LANSAC-TÔHA, F.A. *et al.* Species richness and geographic distribution of testate amoebae (Rhizopoda) in Brazilian freshwater environments. **Acta Scientiarum**, v. 29, p. 63-74, 2007.
- LAWRENCE, S.G. *et al.* Method for Estimating Dry Weight of Freshwater Planktonic Crustaceans from Measures of Length and Shape. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 44, p. 264-274, 1987.
- LAYR, N.; REYES-MARCHANT, P. The potamoplankton of the middle Loire and the role of moving littoral in downstream transfer of algae and rotifers. **Hydrobiologia**, v. 356, p. 33-52, 1997.

- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical Ecology*. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- LIND, O.T. Problems in reservoir trophic-state classification and implications for reservoir management. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUCAN, A. (Org.). **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Netherlands: Kluwer Academic Press, 1993. p. 57-67
- LOBO, A.E.; LEIGHTON, G. Estructuras de lãs fitocenosis planctônicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Rer. Biol. Mar.*, v. 22, p. 143-170, 1986.
- LOPES, R.M. *et al.* Comunidade zooplanctônica do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A.A.; GOMES L.C. (Org.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, 1997. p. 39-60.
- LOWE, R.L.; PAN, Y. Benthic algal communities as biological monitors. In: STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M.L.; LOWE, R.L. (Orgs.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. San Diego: Academic Press, 1996. p. 705 - 739.
- MACKERETH, F.Y.H.; HERON, J.G.; TALLING, J.J. **Water analysis some revised methods for limnologist**. Ambleside: Freshwater Biological Association, 1978. (Freshwater Biological Association. Scientific Publication, v. 36) 120 p.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological Diversity and Its Measurement**. New Jersey: Princeton Univ. Press, 1988. 179 p.
- MARZOLF, G.R. Reservoirs as environments for zooplankton. In: THORNTON, K.W.; KIMML, B.L.; PAYNE, F.E. (Org.). **Reservoir Limnology: ecological perspectives**. New York: Wiley-Interscience, 1990. p. 195-208.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4. MJM Software Design, USA: Gleneden Beach, 1999.
- MELÃO, M.G.G.; ROCHA, O. Productivity of zooplankton in a tropical oligotrophic reservoir over short periods of time. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 27, p. 2879-2887, 2000.
- MERRIT R.W.; CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 3<sup>o</sup>. Edition. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 1996. 862 p.
- MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; BERG, M. B.; NOVAK, J. A.; HIGGINS, M. J.; WESSELL, K.J.; LESSARD, J.L. Development and application of a macroinvertebrate functional-group approach in the bioassessment of remnant river oxbows in southwest Florida. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 21, p. 290-310, 2002.

- NESSIMIAN J.L.; CARVALHO A.L. **Ecologia de Insetos Aquáticos**. Séries Oecologia Brasiliensis. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1998. 309 p.
- NOGUEIRA, M.G. Zooplankton composition dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brasil. **Hydrobiologia**, v. 455, p. 1-18, 2001.
- PADISÁK, J.; CROSSETTI, L.O.; NASELLI-FLORES, L. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. **Hydrobiologia**, v. 621, p. :1-19, 2009.
- PECKARSKY, B.L.; FRAISSINET, P.R.; PENTON, M.A.; CONKLIN JR., D.J. **Freshwater macroinvertebrates o Northeastern North America**. Cornell Univ. Press, 1990. 442 p.
- RABENI, C.F., MINSHALL, G.W. Factors affecting micro-distribution of stream benthic insects. **Oikos**, v. **29**, p. 33-43, 1977.
- REICE, S.R. The role of substratum in benthic macroinvertebrate micro-distribution and litter decomposition in a woodland stream. **Ecology**, v. 6, p. 580-590, 1980.
- REYNOLDS, C.S. Potamoplankton: Paradigms, Paradoxes and Prognoses. In: ROUND, F.E. (Org.). **Algae and the Aquatic Environment**. Bristol: Riopress, 1988. p. 285-311.
- REYNOLDS, C.S. River Plankton: The Paradigm Regained. In: Harper, D.M.; Ferguson, A.J.D. (Org.). **The ecological basis for river management**, John Willet & Sons publishers, 1995. p. 161-180.
- REYNOLDS, C.S. **Vegetation process in the pelagic**: A model for ecosystem theory. Oldendorf: Ecology Institute, 1997.
- REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.L.M.; KRUK, C.; NASELLI-FLORES, L., MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 24, p. 417-428, 2002.
- RODRIGUES, L.; BICUDO, B.C.; MOSCHINI-CARLOS, V. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Orgs.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 211-230.
- RODRIGUES, L.C.; TRAIN, S.; PIVATO, B.M.; BOVO, V.M.; BORGES, P.A.F.; JATI, S. Assembléias Fitoplanctônicas de 30 Reservatórios do estado do Paraná. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. (Org.).

- Biocenoses em reservatórios: Padrões espaciais e temporais.** São Carlos: RIMA, 2005. p. 57-72.
- RODRIGUES, L.C. *et al.* Interannual variability of phytoplankton in the main rivers of the upper Paraná River floodplain, Brazil: influence of upstream reservoirs. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, p. 501-516, 2009.
- ROS J. **Práticas de ecologia.** Barcelona: Editora Omega, 1979. 181 p.
- ROSEMBERG, D.M.; RESH, V.M. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** London: Chapman & Hall, 1996. 488 p.
- SAMPAIO, E.V. *et al.* Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 62, n. 3, p. 525-545, 2002.
- SENDACZ, S. *et al.* Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. VIII. Zooplâncton. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.12, p.187-207, 1985.
- SENDACZ, S. *et al.* Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of São Paulo, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 66, p. 337-350, 2006.
- SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication.** Urbana, Illinois: University Press, 1963. 117 p.
- SIOLI, H. **The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin.** s. l.: Dr. W. Junk Publishers, 1984. 761 p.
- SOUZA, M.R.; NESSIMIAN J.L.; HENRIQUES-OLIVEIRA, A.L. Estrutura da Fauna de macroinvertebrados aquáticos do folhiço submerso em igarapés na Amazônia Central sob diferentes condições de cobertura florestal. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu – MG, 2007.
- STEVENSON, R.J. An Introduction to Algal Ecology in Freshwater Benthic Habitats. In: STEVENSON, R.J.; BOTHWELL, M.L.; LOWE, R.L. (Orgs.). **Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems.** San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo e Toronto: Academic Press, 1996. p. 3-30.
- SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 25, p. 1331-1346, 2003.
- TAKEDA, A.; SHIMIZU, G.Y.; HIGUTI, J. Variações espaço-temporais da comunidade zoobêntica. In: VAZZOLER, A.E.A.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. (Orgs.). **A planície de inundação do Alto Rio Paraná: Aspectos físicos, biológicos e sócio-econômicos.** Maringá: EDUEM, 1997. p. 157-177.

- THORP, J.P.; CLASPER, A.F. Importance of biotic interactions in large rivers: an experiment with planktivorous fish, dreissenid mussels and zooplankton in the St Lawrence river. **River Researches and Applications**, v. 19, p. 265-279, 2003.
- TRAIN, S.; RODRIGUES, L. Phytoplanktonic Assemblages. In: THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N. S. (Org.). **The Upper Paraná River and its floodplain: Physical aspects, ecology and conservation**. Leiden: Backhuys, 2004. p.103-124.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. **Mitt. int. Verein. Limnol.**, v. 9, p. 1-38, 1958.
- VAN DAM, A.A. The potential of fish production based on periphyton. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 12, p. 1-31, 2002.
- VELHO, L.F.M.; LANSAC-TÔHA, F.A.; BINI, L.M. Spatial and temporal variation in densities of testate amoebae in the plankton on the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 411, p. 103-113, 1999.
- VELHO, L.F.M. *et al.* Distribuição longitudinal da comunidade zooplanctônica em reservatórios. In: RODRIGUES, L.; THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. (Org.). **Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais**. São Carlos: Rima, 2005. p. 129-136.
- VIEIRA, L.C.G. *et al.* Influence of spatial complexity on the abundance and diversity of periphytic rotifers, microcrustaceans and testate amoebae. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 170, p. 77-85, 2007.
- WARD, J.V. **Aquatic insect ecology: Biology and habitat**. New York: John Wiley & Sons, 1992. 438 p.
- WETZEL, R.G. Recommendation for future research on periphyton. In: WETZEL, R.G. (Org.). **Periphyton of Freshwater Ecosystems**. The Netherlands: Dr. W. Junk Publishers, 1983. p. 339- 346.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological analysis**. 2 ed. New York: Springer-Verlag, 2000. 429 p.
- WIGGINS, G.B. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)**. University of Toronto Press, 1977. 393 p.

**ANEXO I**  
**REGISTRO FOTOGRÁFICO**



**Foto 1.** Ponto P1, localizado no rio Mamoré.



**Foto 2.** Ponto P2, localizado no rio Madeira.



**Foto 3.** Ponto P3, localizado no igarapé Ribeirão.



**Foto 4.** Ponto P4, localizado no igarapé Araras.



**Foto 5.** Ponto P5, localizado no rio Abunã.



**Foto 6.** Ponto P7, localizado no igarapé Simãozinho.



**Foto 7.** Ponto P8, localizado no igarapé São Simão.



**Foto 8.** Ponto P10, localizado no igarapé Castanho.



**Foto 9.** Ponto P11, localizado no rio Mutum-Paraná.



**Foto 10.** Ponto P12, localizado no rio Cotia.



**Foto 11.** Ponto P13, localizado na área alagada do rio Mutum-Paraná.



**Foto 12.** Ponto P15, localizado no igarapé São Lourenço.



**Foto 13.** Ponto P16, localizado no igarapé Caiçara.



**Foto 14.** Ponto P18, localizado no rio Madeira.



**Foto 15.** Ponto P19, localizado no rio Madeira, nas proximidades da sonda de monitoramento em tempo real.



**Foto 16.** Calibração dos aparelhos condutivímetro e pHmetro realizada em campo no dia da coleta.



**Foto 17.** Coleta de zoobentos realizada no dia 09/01/2010 no ponto P4 (igarapé Araras).



**Foto 18.** Coleta de zooplâncton realizada no dia 11/01/2010 no ponto P5 (rio Abunã).



**Foto 19.** Coleta de fitoplâncton realizada no dia 08/01/2010 no ponto P18 (rio Madeira).



**Foto 20.** Medida da velocidade da água realizada no dia 08/01/2010 no ponto P18 (rio Madeira).



**Foto 21.** Coleta de material do tronco para análise das comunidades bentônicas e perifíticas no ponto P18 (rio Madeira).



**Foto 22.** Coleta da comunidade bentônica no tronco (Ecologia da Madeira).



**Foto 23.** Raspagem da comunidade perifítica na madeira.



**Foto 24.** Análise de  $DBO_5$  no laboratório base, localizado no canteiro de obras do AHE Jirau.



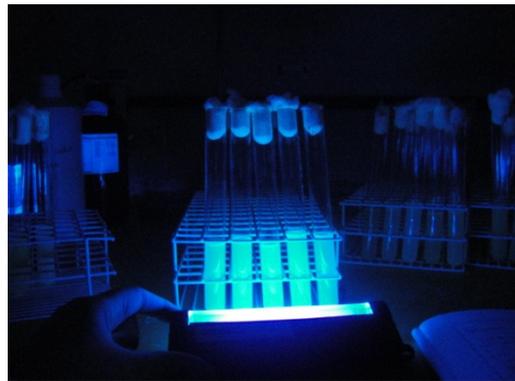
**Foto 25.** Análise da concentração de oxigênio pelo método Winkler, no laboratório base, localizado no canteiro de obras do AHE Jirau.



**Foto 26.** Filtragem de água para posterior análise de clorofila-*a*.

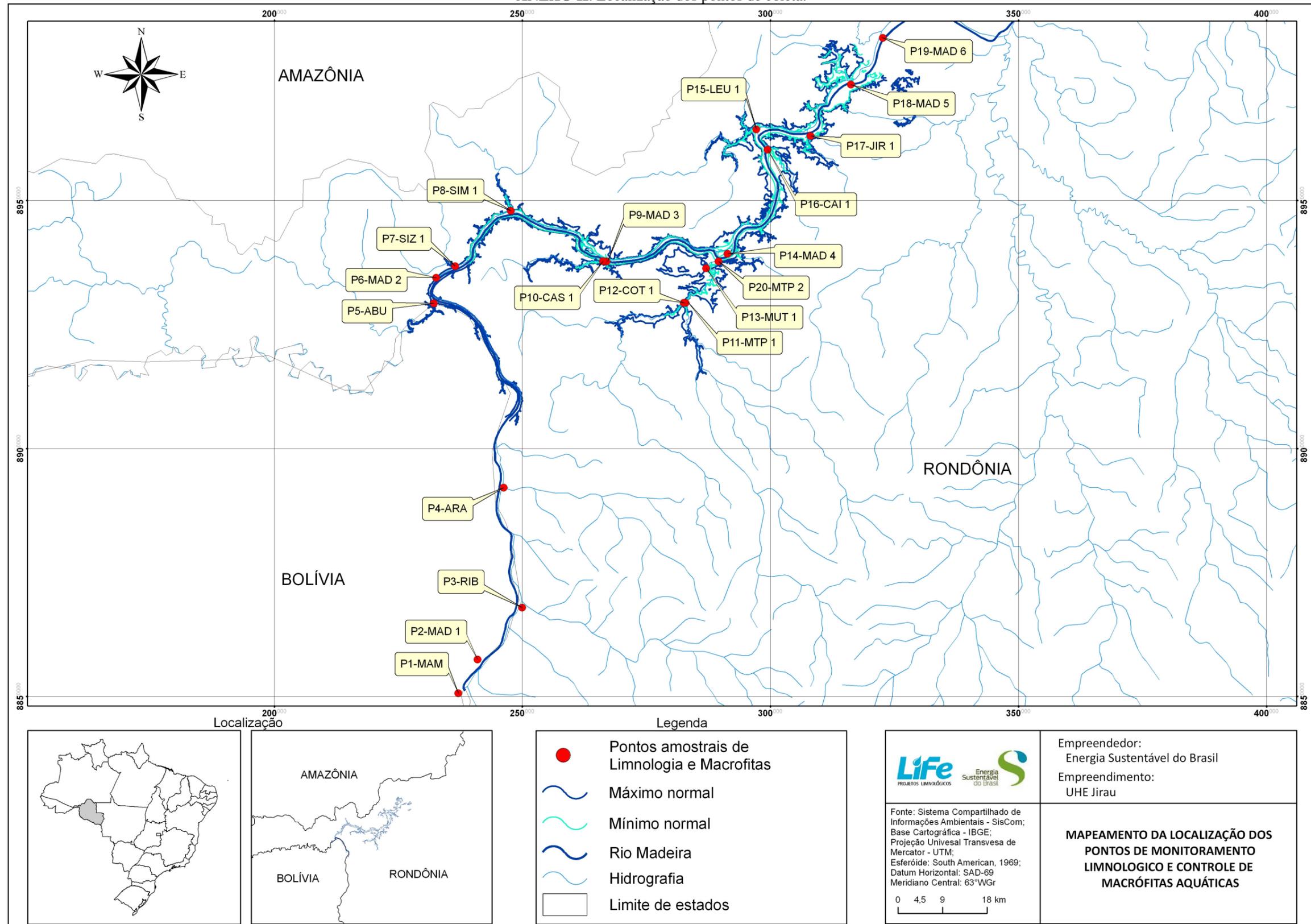


**Foto 27.** Processamento do sedimento em peneiras para análise da comunidade zoobentônica.

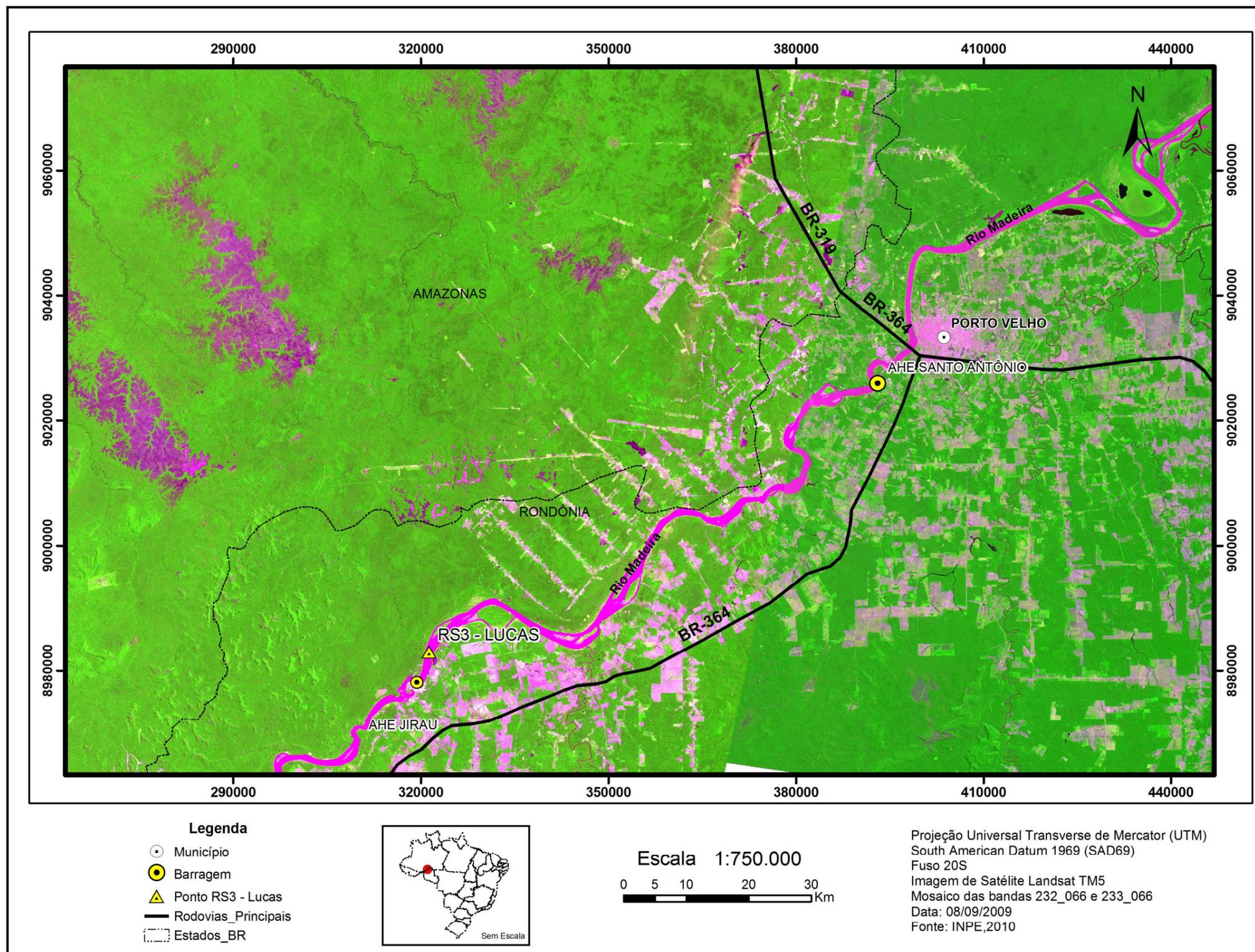


**Foto 28.** Análise de coliformes termotolerantes (fecais) pelo método dos tubos múltiplos utilizando o meio de cultura LST-MUG, no laboratório base, localizado no canteiro de obras do AHE Jirau.

ANEXO II. Localização dos pontos de coleta.



ANEXO III. Imagem de satélite com a localização do sistema de monitoramento em tempo real no rio Madeira (RS 3 – Lucas).



## **ANEXO IV**

# USINA HIDRELÉTRICA JIRAU

## RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO JIRAU

### 2ª CAMPANHA DE CAMPO DO PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS ELEMENTOS-TRAÇO

EMPRESA: **Venturo Consultoria Ambiental Ltda**

PERÍODO DAS ATIVIDADES: **Janeiro/2010**

RESPONSÁVEL DA CONTRATADA: **Dr. Luiz Fabricio Zara**

RESPONSÁVEL DA ESBR: **Jairo Guerrero**

## SUMÁRIO

1. Apresentação .....	1
2. Introdução .....	1
3. Área de Estudo .....	2
4. Metodologia.....	2
4.1. Amostras Abióticas .....	3
4.2. Amostras Bióticas.....	6
5. Resultados e Discussão.....	7
6. Considerações Finais .....	20
7. Referências Bibliográficas.....	20
8. Equipe Técnica de Trabalho .....	23

## **1. Apresentação**

O presente relatório técnico tem por objetivo apresentar os resultados da 2ª campanha de campo, realizada em os dias 04/01/2010 e 15/01/2010, do Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço, realizada no âmbito do Programa de Monitoramento Limnológico do Aproveitamento Hidrelétrico (AHE) Jirau.

## **2. Introdução**

O termo elemento traço normalmente é utilizado para se definir metais que podem estar presentes predominantemente nas formas catiônica ou oxianiônica em baixas concentrações no ambiente. A dispersão destes elementos no ambiente pode ocorrer na forma de íons livres ou íons complexos em solução, adsorvidos ou coprecipitados em sólidos finos (óxidos hidratados, argilominerais, matéria orgânica) ou em colóides.

A principal via de intoxicação de seres humanos por poluentes orgânicos e inorgânicos está associada aos sistemas aquáticos, destacando-se o consumo de pescado (MACKAY, 1991). Os riscos à saúde associados à ingestão de pescado são de 20 a 40 vezes mais elevados quando comparado à ingestão de água com elevados níveis de elementos traço (FORAN, 1990). Este fato está associado à capacidade dos organismos aquáticos bioacumularem os elementos traços em concentrações muito maiores do que as observadas no meio ambiente (WREN *et al.*, 1983). As concentrações dos elementos traços em um dado organismo não podem ser consideradas como um valor constante, mas sim como um fator sujeito às influências das variações bióticas (endogênicas e exogênicas) e abióticas do meio ambiente (DOREA *et al.*, 1998).

A formação de lagos artificiais pode alterar a disponibilização de elementos traços de suas fontes naturais (rochas e solos) principalmente para o meio ambiente aquático e, conseqüentemente, para o homem através da dieta alimentar. O monitoramento dos elementos traços nos compartimentos abióticos e bióticos do futuro reservatório do AHE Jirau possibilitará avaliar as possíveis alterações na distribuição destes elementos, os quais poderão sofrer alterações pela mudança das características físico-químicas do rio Madeira causada pela implantação do empreendimento. As informações referentes aos níveis de elementos traços fazem parte do Programa de Monitoramento Limnológico, permitindo que sejam elaborados prognósticos da qualidade da água, mediante as ações implementadas, e quantificados os possíveis impactos da implantação do AHE Jirau nos meios físico, biótico e socioeconômico.

### **3. Área de Estudo**

Os pontos de amostragem do Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço nas áreas de influência direta e indireta do AHE Jirau, na bacia do rio Madeira, são os mesmos do Programa de Monitoramento Limnológico, com exceção do ponto P3-RIB, que corresponde ao ponto P3-BENI, localizado na foz do rio Beni, em território brasileiro.

Os pontos amostrais do Plano seguem a mesma numeração e identificação dos pontos de amostragem do Programa de Monitoramento Limnológico e do Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico. Inicialmente o Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço contemplava 14 pontos de monitoramento georreferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos estavam previstos estudos em transecto (margem direita, centro e margem esquerda), totalizando 26 pontos de amostragem no rio Madeira e tributários. Visando uma ampla integração com o Programa de Monitoramento Limnológico e com o Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico a malha amostral foi ampliada para 20 pontos de monitoramento georeferenciados, sendo que em 06 (seis) pontos serão realizados estudos em transecto, gerando 32 pontos de monitoramento.

### **4. Metodologia**

O Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço tem uma abordagem interdisciplinar e multi-institucional nos vários níveis possíveis de interação, de modo a integrar o conhecimento do sistema ambiental e suas inter-relações com a saúde humana, possibilitando prognosticar e mensurar as possíveis modificações advindas das transformações do ambiente, decorrentes da implantação e operação do empreendimento.

Os elementos traços arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) serão monitorados durante todas as fases do empreendimento, obedecendo a sazonalidade regional (cheia, enchente, vazante e seca). Os períodos das campanhas de campo, assim como no Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico, serão definidos com base na interpolação dos dados das estações do Sistema de Informação Hidrológico (HIDRO) da Agência Nacional de Águas (ANA) localizadas na área de abrangência do empreendimento.

Conforme consta no Plano, o monitoramento será realizado a partir de variáveis abióticas e bióticas. A amostragem abiótica compreende água superficial, solo e

sedimento de fundo. As variáveis bióticas monitorados, por sua vez, serão peixes e mamíferos aquáticos.

#### **4.1. Amostras Abióticas**

##### ***Água Superficial***

As amostras de água foram coletadas em garrafas de polietileno tereftalato, preservadas com ácido nítrico (HNO<sub>3</sub> 65% ultra-puro, Merck), mantendo o pH da água inferior a 2,0 até o momento das análises, conforme orientação da EPA (*Environmental Protection Agency*). As amostras foram identificadas em campo e encaminhadas ao Laboratório de Química Ambiental da Universidade Estadual Paulista (UNESP), sendo conservadas a 4°C até o momento da análise.

A determinação dos teores dos elementos traços Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn foram por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES). Os elementos traço As e Se, por sua vez, foram quantificados pela técnica de espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido acoplado a geração de hidreto (ICP OES – HG).

##### ***Solos***

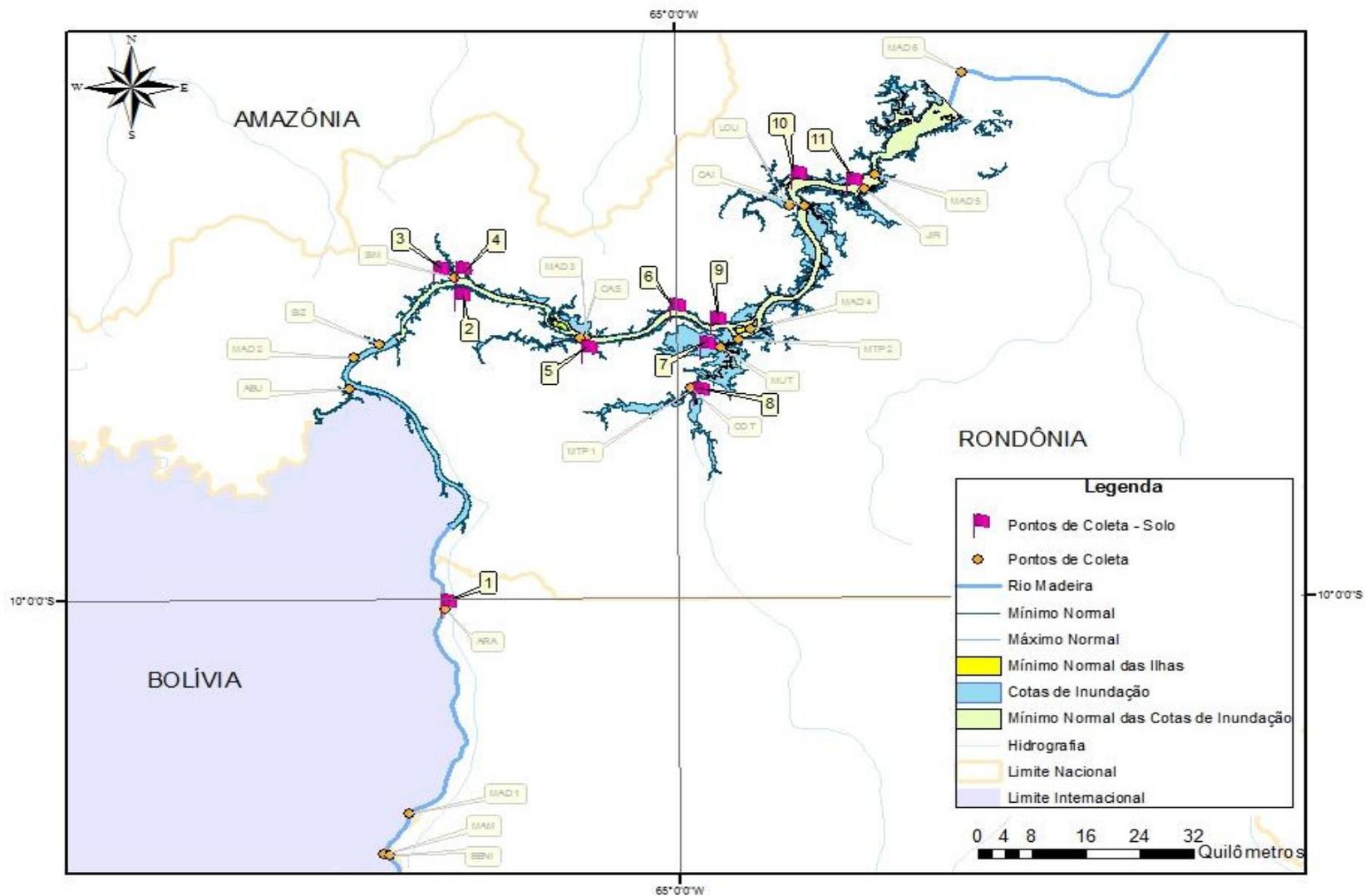
As amostras de perfil de solo foram coletadas em 5 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm e 100 cm, acondicionadas em sacos de polietileno e encaminhadas ao Laboratório de Química Ambiental do Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista (UNESP), sendo mantidas resfriadas a 5 °C até o momento de preparação e análise das amostras no laboratório. No laboratório, as amostras foram inicialmente homogeneizadas, posteriormente peneiradas na fração <200 mesh (<74 µm) e digerida em meio ácido.

Os teores dos elementos traços Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn foram quantificados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES), enquanto que os elementos traço As e Se foram quantificados pela técnica de espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido acoplado a geração de hidreto (ICP OES – HG). No laboratório também foram realizadas conjuntamente à análise de elementos traços no solo, análises granulométricas e do teor de matéria orgânica das amostras de solo.

O desenho amostral de solo nas áreas de influência direta e indireta do AHE Jirau, na bacia do rio Madeira, está apresentado na **Figura 1** e de forma detalhada na **Tabela 2** abaixo.

**Tabela 2.** Pontos de amostragem de solo com sua descrição e coordenadas geográficas.

<b>Pontos</b>	<b>Descrição</b>	<b>Coordenadas Geográficas</b>	
P1	Margem direita do rio Madeira próximo ao igarapé Araras	-10,0061	-65,3148
P2	Margem direita do rio Madeira	-9,5380	-65,2925
P3	Margem direita do igarapé Simãozinho	-9,4976	-65,3206
P4	Margem esquerda do igarapé Simãozinho	-9,4975	-65,2902
P5	Margem direita do rio Madeira, próximo ao ponto MAD 3	-9,6180	-65,1233
P6	Margem direita do rio Madeira, próximo a área alagada do Bolsão do Mutum	-9,5552	-65,0033
P7	Área alagada do Bolsão do Mutum	-9,6121	-64,9633
P8	Margem direita do rio Mutum	-9,6823	-64,9717
P9	Margem esquerda do rio Madeira, próximo ao ponto MAD 4	-9,5748	-64,9490
P10	Margem esquerda do rio Madeira, próximo ao igarapé São Lourenço	-9,35431	-64,8397
P11	Margem direita do rio Madeira, próximo ao igarapé Jirau	-9,36478	64,7652



**Figura 1.** Mapa dos pontos de coleta de solo nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira e seus tributários.

### ***Sedimento de Fundo***

As amostras de sedimento de fundo foram coletadas utilizando-se coletor pontual de sedimento (draga de Eckman), permitindo a coleta da camada mais reativa do sedimento. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno e encaminhadas ao Laboratório de Química Ambiental do Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista (UNESP), sendo mantidas resfriadas a 4°C até o momento de preparação e análise das amostras no laboratório.

No laboratório, as amostras foram inicialmente homogeneizadas a úmido nos próprios sacos de polietileno utilizados em campo, através da aplicação de água ultra-pura (Milli-Q, Milipore) sendo posteriormente peneiradas na fração < 200 mesh (<74 µm), considerada a mais ativa fisicamente em processos de adsorção, por possuir maior área superficial (BASTOS, 1997). Em seguida, a fração fina do sedimento foi homogeneizada em gral de porcelana, seca em estufa a temperatura inferior a 50°C e digerida em meio ácido. Os teores dos elementos traços Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn foram quantificados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES), enquanto que os elementos traço As e Se foram quantificados pela técnica de espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido acoplado a geração de hidreto (ICP OES – HG).

## **4.2. Amostras Bióticas**

### ***Peixes***

As análises dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn foram feitas em peixes bioindicadores nas áreas de influência direta e indireta do AHE Jirau. Estas amostragens foram realizadas conforme os procedimentos definidos pelo Programa Conservação da Ictiofauna e teve como objetivo avaliar a exportação e a bioacumulação dos elementos traços.

A amostragem foi direcionada para as espécies de peixes de relevante consumo pela população ribeirinha, sendo, portanto, adquiridas diretamente nas comunidades ribeirinhas amostras de peixe, possibilitando a análise em 15 espécimes de piau (*Leporinus fasciatus*), 08 (oito) espécimes de sardinha (*Triportheus albus*), 10 (dez) espécimes de apapá (*Pellona Castelnaeana*), 15 espécimes de barbado (*Pinirampus pirinampu*), 03 (três) espécimes de piranha (*Serrasalmus sp*), 02 (dois) espécimes de traíra (*Hoplias malabaricus*) e 10 (dez) espécimes de dourada (*Brachyplatystoma avicans*).

As amostras de músculo dorsal dos peixes coletados foram digeridas e os teores dos elementos Cd, Pb, Cr, Mn, Ni e Zn determinados por espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido (ICP OES) enquanto que os elementos traço As e Se foram quantificados pela técnica de espectroscopia de emissão atômica por plasma de argônio induzido acoplado a geração de hidreto (ICP OES-HG).

### ***Mamíferos Aquáticos e Semi-Aquáticos***

Para a realização das análises dos elementos traço As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn em mamíferos aquáticos e semi-aquáticos, conforme previsto no Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço, será necessária uma grande interface deste Plano com o Programa de Conservação da Fauna Silvestre, o qual prevê coleta de material biológico na área de influência do AHE Jirau. Parte deste material coletado será acondicionada e, posteriormente, será realizado estudo sobre os níveis dos elementos traços nestes indivíduos capturados.

O Programa de Conservação da Fauna Silvestre, entretanto, será iniciado após a obtenção de autorização específica junto ao IBAMA, quando será possível começar também as análises de elementos traço em mamíferos aquáticos e semi-aquáticos.

## **5. Resultados e Discussão**

A 2ª campanha de campo do Plano Ambiental de Monitoramento de Elementos Traço ocorreu no período de 04 a 15 de janeiro de 2010, sendo a fase do ciclo hidrológico da bacia do rio Madeira característica no período de enchente, com base no Boletim nº 4 do Sistema de Informação Hidrológico (HIDRO) da Agência Nacional de Águas (ANA), considerando a estação hidrológica de Porto Velho.

### ***5.1. Teores de Elementos Traço em Água Superficial***

Os teores dos elementos traços em água superficial nas amostras coletadas na bacia do rio Madeira estão apresentados na **Tabelas 3**.

**Tabela 3.** Resultados dos teores (mg L<sup>-1</sup>) dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em água superficial nos pontos amostrados na bacia do rio Madeira no período de enchente.

Ponto	Tipo	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
P1-MAM	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,115
P2-MAD 1 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P2-MAD 1 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P2-MAD 1 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P3-RIB	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P4-ARA	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005

P5-ABU	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,095
P6-MAD 2 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P6-MAD 2 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P6-MAD 2 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P7-SIZ	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,045
P8-SIM	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,048
P9-MAD 3 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P9-MAD 3 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P9-MAD 3 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P10-CAS	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P11-MTP 1	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,061
P12-COT	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,058
P13-MUT 1	Lago	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P14-MAD 4 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P14-MAD 4 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P14-MAD 4 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P15-LOU	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P16-CAI	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,042
P17-JIR	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P18-MAD 5 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P18-MAD 5 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P18-MAD 5 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P19-MAD 6 – A	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P19-MAD6 – B	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P19-MAD 6 – C	Calha	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
P20-MTP 2	Tributário	< 0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,127

Estudos em transecto: A - margem direita do rio, B - centro do rio e C - margem esquerda do rio.

Os valores dos teores dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb e Se nas amostras de água superficial na calha do rio Madeira e nos tributários foram menores que  $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ . O elemento traço Zn apresentou valores menores que  $0,005 \text{ mg L}^{-1}$  nas amostras de água superficial na calha do rio Madeira, com exceção os pontos P1-MAM ( $0,115 \text{ mg L}^{-1}$ ), localizado no rio Mamoré, e P5-ABU ( $0,095 \text{ mg L}^{-1}$ ), situado no rio Abunã. Nos tributários, as amostras de água superficial apresentaram valores superiores a  $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ , incluindo os pontos P7-SIZ ( $0,045 \text{ mg L}^{-1}$ ), P8-SIM ( $0,048 \text{ mg L}^{-1}$ ), P11-MTP-1 ( $0,061 \text{ mg L}^{-1}$ ), P12-COT ( $0,058 \text{ mg L}^{-1}$ ), P16-CAT ( $0,042 \text{ mg L}^{-1}$ ) e P20-MTP-2 ( $0,127 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Os estudos em transecto em P2-MAD 1, P6-MAD 2, P9-MAD 3, P14-MAD 4, P18-MAD 5 e P19-MAD 6, todos localizados no rio Madeira, evidenciaram a distribuição dos elementos traços As, Cd, Pb, Cr, Mn, Ni, Se e Zn na bacia do rio Madeira abaixo de  $0,005 \text{ mg L}^{-1}$ .

A Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre as classificações dos corpos de água e as diretrizes ambientais para seu enquadramento, preconiza para sistema de água doce classe II o padrão de  $0,010 \text{ mg L}^{-1}$  As,  $0,001 \text{ mg L}^{-1}$  Cd,  $0,050 \text{ mg L}^{-1}$  Cr,  $0,100 \text{ mg L}^{-1}$  Mn,  $0,025 \text{ mg L}^{-1}$  Ni,  $0,010 \text{ mg L}^{-1}$  Pb,  $0,010 \text{ mg L}^{-1}$  Se e  $0,180 \text{ mg L}^{-1}$  Zn. Portanto, os teores de elementos traço encontrados em todas as amostras analisadas estão abaixo do valor preconizado pela legislação brasileira para os corpos de água doce classe II.

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, por sua vez, que estabelece os procedimentos e as responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, preconiza os seguintes padrões de aceitação para o consumo humano:  $0,010 \text{ mg L}^{-1}$  As,  $0,005 \text{ mg L}^{-1}$  Cd,  $0,050 \text{ mg L}^{-1}$  Cr,  $0,100 \text{ mg L}^{-1}$  Mn,  $0,010 \text{ mg L}^{-1}$  Pb,  $0,010 \text{ mg L}^{-1}$  Se e  $5,0 \text{ mg L}^{-1}$  Zn. Desta forma, os teores de elementos traço encontrados em todas as amostras analisadas estão abaixo do valor preconizado pela legislação brasileira para o consumo humano.

## ***5.2. Teores de Elementos Traço em Sedimento de Fundo***

Os teores dos elementos traços em sedimento de fundo nas amostras coletadas na bacia do rio Madeira estão apresentados na **Tabela 4**.

**Tabela 4.** Resultados dos teores ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em sedimento de fundo nos pontos amostrados na bacia do rio Madeira no período de enchente.

Ponto	Tipo	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
P1-MAM	Calha	< 0,5	0,97	3,87	206,9	16,55	< 0,50	< 0,5	48,5
P2-MAD 1 – A	Calha	< 0,5	0,64	2,69	142,3	15,1	< 0,50	< 0,5	29,47
P2-MAD 1 – B	Calha	< 0,5	0,77	2,31	154,1	13,44	< 0,50	< 0,5	39,67
P2-MAD 1 – C	Calha	< 0,5	0,79	3,6	159,3	14,2	< 0,50	< 0,5	41,08
P3-RIB	Tributário	< 0,5	1,17	5,45	211,9	20,79	< 0,50	< 0,5	54,84
P4-ARA	Tributário	< 0,5	0,59	8,96	59,15	2,17	< 0,50	< 0,5	42,23
P5-ABU	Calha	< 0,5	< 0,1	3,32	62,1	3,06	< 0,50	< 0,5	17,93
P6-MAD 2 – A	Calha	< 0,5	0,82	3,75	178,8	16,05	< 0,50	< 0,5	47,43
P6-MAD 2 – B	Calha	< 0,5	1,13	4,16	216,2	20,82	< 0,50	< 0,5	57,09
P6-MAD 2 – C	Calha	< 0,5	1,07	4,42	215,6	19,78	< 0,50	< 0,5	55,59
P7-SIZ	Tributário	< 0,5	0,95	5,14	177,5	18,36	< 0,50	< 0,5	54,36
P8-SIM	Tributário	< 0,5	0,57	3,67	84,14	7,61	< 0,50	< 0,5	30,8
P9-MAD 3 – A	Calha	< 0,5	1,04	4,08	213,5	19,89	< 0,50	< 0,5	54,79
P9-MAD 3 – B	Calha	< 0,5	1,07	3,91	218,1	20,39	< 0,50	< 0,5	47,69
P9-MAD 3 – C	Calha	< 0,5	0,83	2,62	201,4	16,59	< 0,50	< 0,5	53,85
P10-CAS	Tributário	< 0,5	1,09	4,5	220,3	21,83	0,65	< 0,5	57,38
P11-MTP 1	Tributário	< 0,5	< 0,1	1,33	124,5	1,32	< 0,50	< 0,5	9,18
P12-COT	Tributário	< 0,5	< 0,1	3,88	484,8	2,01	< 0,50	< 0,5	8,26
P13-MUT 1	Lago	< 0,5	< 0,1	4,82	113,7	3,2	0,55	< 0,5	19,51
P14-MAD 4 – A	Calha	< 0,5	1,06	3,98	219,1	19,12	< 0,50	< 0,5	54,02
P14-MAD 4 – B	Calha	< 0,5	0,95	3,62	204,9	18,6	< 0,50	< 0,5	52,57
P14-MAD 4 – C	Calha	< 0,5	1,11	3,23	223,8	20,09	< 0,50	< 0,5	54,96
P15-LOU	Tributário	< 0,5	1,25	2,32	225,7	18,20	< 0,50	< 0,5	21,61
P16-CAI	Tributário	< 0,5	1,05	2,76	215,8	12,95	< 0,50	< 0,5	38,90
P17-JIR	Tributário	< 0,5	1,34	3,09	256,1	26,80	0,67	< 0,5	52,50
P18-MAD 5 – A	Calha	< 0,5	1,78	3,25	254,8	21,14	< 0,50	< 0,5	52,80
P18-MAD 5 – B	Calha	< 0,5	1,81	1,06	116,8	25,32	< 0,50	< 0,5	39,09
P18-MAD 5 – C	Calha	< 0,5	0,94	2,03	333,1	23,14	< 0,50	< 0,5	34,61
P19-MAD 6 – A	Calha	< 0,5	1,01	3,64	198,4	19,46	< 0,50	< 0,5	52,83
P19-MAD 6 – B	Calha	< 0,5	0,86	2,79	218,1	16,82	< 0,50	< 0,5	48,7
P19-MAD 6 – C	Calha	< 0,5	0,9	2,45	241,3	17,36	< 0,50	< 0,5	48,2
P20-MTP 2	Tributário	< 0,5	1,65	2,95	184	9,95	0,68	< 0,5	15,5

Estudos em transecto: A - margem direita do rio, B - centro do rio e C - margem esquerda do rio

Os valores dos teores dos elementos traços As, Pb e Se nas amostras de sedimento de fundo na calha do rio Madeira e nos tributários foram abaixo de  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , com exceção do elemento traço Pb, cuja concentração foi superior nos pontos P10-CAS ( $0,65 \text{ mg kg}^{-1}$ ), P13-MUT 1 ( $0,55 \text{ mg kg}^{-1}$ ), P17-JIR ( $0,67 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e P20-MTP2 ( $0,68 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

O teor de cádmio (Cd) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira apresentou valor médio de  $1,03 \text{ mg kg}^{-1}$  e nos tributários valor médio de  $1,06 \text{ mg kg}^{-1}$ . Os estudos em transecto evidenciaram tendência de distribuição homogênea

dos níveis de Cd ao longo dos rios Mamoré e Madeira, sendo na região do rio Mamoré de 0,97 mg kg<sup>-1</sup>, seguindo dos valores em P2-MAD 1 de 0,73 mg kg<sup>-1</sup>, P6-MAD 2 de 1,01 mg kg<sup>-1</sup>, P9-MAD 3 de 0,98 mg kg<sup>-1</sup>, P14-MAD 4 de 1,04 mg kg<sup>-1</sup>, P18-MAD 5 de 1,51 mg kg<sup>-1</sup> e P19-MAD 6 de 0,92 mg kg<sup>-1</sup>, após o AHE Jirau.

O teor de Cd nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira e nos tributários na 2ª campanha de campo, realizada no período de enchente, foram de 2 a 2,5 vezes maiores quando comparados aos valores observados na 1ª campanha de campo, realizada no período de seca, indicando o considerável transporte deste elemento traço na bacia do rio Madeira. Entretanto este comportamento somente poderá ser avaliado durante o estudo temporal deste Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço.

O teor de cromo (Cr) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira apresentou valor médio de 3,20 mg kg<sup>-1</sup> e nos tributários valor médio de 4,00 mg kg<sup>-1</sup> sendo, portanto, observada uma distribuição homogênea deste elemento traço na bacia do rio Madeira. O estudo em transecto confirmou a tendência de distribuição homogênea dos níveis de Cr ao longo do rio Madeira, sendo na região do rio Mamoré de 3,87 mg kg<sup>-1</sup>, seguindo dos valores em P2-MAD 1 de 2,87 mg kg<sup>-1</sup>, P6-MAD 2 de 4,11 mg kg<sup>-1</sup>, P9-MAD 3 de 3,54 mg kg<sup>-1</sup>, P14-MAD 4 de 3,61 mg kg<sup>-1</sup>, P18-MAD 5 de 2,11 mg kg<sup>-1</sup> e P19-MAD 6 de 2,96 mg kg<sup>-1</sup>, após o AHE Jirau.

Os teores de Cr nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira e nos tributários na 2ª campanha de campo, realizada no período de enchente, foram de 30 a 50% menores quando comparados aos valores observados na 1ª campanha de campo, realizada no período de seca, provavelmente devido ao efeito de diluição superior ao processo de transporte deste elemento traço na bacia do rio Madeira. Entretanto este comportamento somente poderá ser avaliado durante o estudo temporal deste Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço.

O teor de manganês (Mn) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira apresentou valor médio de 206,09 mg kg<sup>-1</sup> e nos tributários apresentou o valor médio de 203,99 mg kg<sup>-1</sup> sendo, portanto, observada uma distribuição homogênea deste elemento traço na bacia do rio Madeira. O estudo em transecto confirmou a tendência de distribuição homogênea dos níveis de Mn ao longo do rio Madeira, sendo na região do rio Mamoré de 206,09 mg kg<sup>-1</sup>, seguindo dos valores em P2-MAD 1 de 151,90 mg kg<sup>-1</sup>, P6-MAD 2 de 203,53 mg kg<sup>-1</sup>, P9-MAD 3 de 211,00 mg kg<sup>-1</sup>, P14-MAD 4 de 215,93 mg kg<sup>-1</sup>, P18-MAD 5 de 234,90 mg kg<sup>-1</sup> e P19-MAD 6 de 219,27 mg

kg<sup>-1</sup>, após o AHE Jirau. Ressalta-se que o monitoramento deste elemento traço foi iniciado em janeiro de 2010.

O teor de níquel (Ni) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira apresentou valor médio de 18,74 mg kg<sup>-1</sup> e nos tributários apresentou um valor médio de 12,91 mg kg<sup>-1</sup> sendo, portanto, observada uma distribuição homogênea deste elemento traço na bacia do rio Madeira. O estudo em transecto confirmou a tendência de distribuição homogênea dos níveis de Ni ao longo do rio Madeira, sendo na região do rio Mamoré de 16,55 mg kg<sup>-1</sup>, seguindo dos valores em P2-MAD 1 de 14,25 mg kg<sup>-1</sup>, P6-MAD 2 de 18,88 mg kg<sup>-1</sup>, P9-MAD 3 de 18,96 mg kg<sup>-1</sup>, P14-MAD 4 de 19,27 mg kg<sup>-1</sup>, P18-MAD 5 de 23,20 mg kg<sup>-1</sup> e P19-MAD 6 de 17,88 mg kg<sup>-1</sup>, após o AHE Jirau.

Os teores de Ni nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira e nos tributários na 2ª campanha de campo, realizada no período de enchente, foram de 3 a 4 vezes maiores quando comparados aos valores observados na 1ª campanha de campo, realizada no período de seca, indicando o considerável transporte deste elemento traço na bacia do rio Madeira. Entretanto este comportamento somente poderá ser avaliado durante o estudo temporal deste Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço.

O teor de zinco (Zn) nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira apresentou valor médio de 48,02 mg kg<sup>-1</sup> e os estudos em transecto evidenciaram a distribuição homogênea deste elemento ao longo do rio Madeira, sendo na região do rio Mamoré de 48,50 mg kg<sup>-1</sup>, seguindo dos valores em P2-MAD 1 de 36,74 mg kg<sup>-1</sup>, P6-MAD 2 de 53,37 mg kg<sup>-1</sup>, P9-MAD 3 de 52,11 mg kg<sup>-1</sup>, P14-MAD 4 de 53,85 mg kg<sup>-1</sup>, P18-MAD 5 de 42,17 mg kg<sup>-1</sup> e P19-MAD 6 de 49,91 mg kg<sup>-1</sup>, após o AHE Jirau. Os pontos de amostragem nos tributários apresentam valor médio de 47,11 mg kg<sup>-1</sup>, estando este valor coerente com os resultados observados neste estudo para a bacia do rio Madeira. Os pontos coletados na bacia do rio Mutum Paraná e no bolsão lateral do rio Mutum Paraná apresentaram valores de Zn na faixa de 8,26 a 19,05 mg kg<sup>-1</sup>, sendo o valor médio de 12,31 mg kg<sup>-1</sup> aproximadamente 4 vezes menor do que a média observada nos outros tributários e na calha do rio Madeira. Este comportamento também foi observado observados na 1ª campanha de campo, realizada no período de seca, inferindo a baixa contribuição desta drenagem para os níveis de Zn no rio Madeira. Este comportamento, entretanto, só poderá ser confirmado durante o estudo temporal deste Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço.

Galvão e colaboradores (2007) avaliaram a variação sazonal de elementos traço associados aos sólidos em suspensão no alto rio Madeira, compreendendo o trecho desde a sua formação pelos rios Beni e Mamoré, seus afluentes da margem direita (rios Jaci Paraná e Mutum Paraná) e seu mais importante afluente da margem esquerda (rio Abunã), até a Cachoeira de Santo Antônio, em Porto Velho (360 km de extensão e 18 cachoeiras). Os resultados mostraram, de forma geral, que a quantidade de material particulado também está associada à influência natural da formação terciária do cráton Andino que, por ser mais recente, sofre maior intemperismo e, conseqüentemente, maior liberação de sedimentos. Os elementos traço Co (6,3 – 11,1 mg kg<sup>-1</sup>), Cr (11,1 – 40,2 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (16,3 – 26,9 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (51,8 – 121,1 mg kg<sup>-1</sup>) e Pb (11,2 – 17,5 mg kg<sup>-1</sup>) tiveram concentrações baixas nos compartimentos estudados. De acordo com os testes estatísticos realizados, os autores inferiram que as concentrações dos metais-traço estudados são função direta da carga de material em suspensão carregada para os rios e, portanto, são extremamente influenciadas por alterações nos usos dos solos que resultem em alteração da exportação de material sólido aos rios.

O suprimento sedimentar fornecido pelo rio Amazonas à plataforma continental está avaliado em 11 a 13x 10<sup>8</sup> t.ano<sup>-1</sup>, representando em materiais totais 10% dos sedimentos fluviais do planeta (MEADE *et al.*, 1985). Deste total de sedimentos transportados pelo rio Amazonas, 97% provém das drenagens originárias nos Andes, sendo 62% do rio Solimões (Andes Peruanos) e 35% do rio Madeira oriundos dos Andes bolivianos (SEYLER e BOAVENTURA, 2001).

Siqueira e colaboradores (2006) estudaram a distribuição dos teores dos elementos traço zinco, cobalto e níquel nas frações total e móvel nos sedimentos superficiais da Plataforma Continental Amazônica. Durante esta pesquisa, os teores de zinco determinados variaram entre 52,83 e 159,46 mg.kg<sup>-1</sup>, com média de 127,74mg.kg<sup>-1</sup> ± 39,18. As concentrações de Zn apresentadas neste trabalho corroboram com os resultados obtidos por Pereira *et al.* (2000) de 20 a 200 mg kg<sup>-1</sup> e por Lima (2003) de 40 a 167mg kg<sup>-1</sup> para sedimentos provenientes da Plataforma Continental Amazônica. A fração total de níquel determinada oscilou entre 21,69 e 47,44 mg kg<sup>-1</sup>, com média de 40,00 mg kg<sup>-1</sup> ± 9,54. Estes dados são confirmados pelos trabalhos desenvolvidos por Andrade e Patchineelam (2000) e Lima (2003), que obtiveram concentrações de Ni nos sedimentos da Plataforma Amazônica na Costa Amapaense de 25,10 mg kg<sup>-1</sup> e 57,31 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. De maneira geral, constatou-se que os sedimentos superficiais localizados na Plataforma Continental do Amazonas podem ser considerados como

sítios de ocorrência natural dos elementos metálicos, não havendo influência de fontes poluidoras na liberação destes para o sistema.

### 5.3. Teores de Elementos Traço em Solo

O padrão sazonal dominante na bacia Amazônica descreve a flutuação pronunciada que reflete a sazonalidade da precipitação pluviométrica dentro da bacia, resultando em períodos bem definidos de águas altas e águas baixas. O padrão monomodal de descarga dos rios amazônicos ou pulso de inundação, combinado com a topografia plana de grande parte da bacia (planície amazônica), inunda e drena anualmente grandes áreas adjacentes aos rios, que correspondem às planícies de inundação. As variações do nível hidrológico determinam o pulso sazonal de inundação, que, por sua vez, promove um ciclo de carreamento de sedimentos e nutrientes pelo canal do rio. O aporte cíclico desses sedimentos determina características peculiares aos ambientes de várzea e aos sistemas conectados a ele, tornando-os altamente produtivos, com uma composição ictiofaunística reconhecidamente de alto valor ecológico.

Os teores dos elementos traços em solo nas amostras coletadas na bacia do rio Madeira estão apresentados na **Tabelas 5**.

**Tabela 5.** Resultados dos teores ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em perfil de solo nos pontos amostrados na bacia do rio Madeira no período de enchente.

Ponto	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
P1-5	< 0,50	0,71	2,66	219,4	15,36	< 0,50	< 0,50	56,07
P1-20	< 0,50	0,74	2,97	206,8	15,58	< 0,50	< 0,50	50,79
P1-40	< 0,50	0,7	2,51	201,8	16,25	< 0,50	< 0,50	49,23
P1-60	< 0,50	0,8	3,02	203,5	18,24	< 0,50	< 0,50	54,17
P1-100	< 0,50	0,83	3,45	173,5	16,95	< 0,50	< 0,50	59,09
P2-5	< 0,50	< 0,5	< 0,5	225,5	8,92	< 0,50	< 0,50	34,61
P2-20	< 0,50	< 0,5	1,5	211,6	8,13	< 0,50	< 0,50	29,59
P2-40	< 0,50	< 0,5	1,33	201,5	8,89	< 0,50	< 0,50	29,76
P2-60	< 0,50	< 0,5	1,35	155,5	8,5	< 0,50	< 0,50	27,59
P2-100	< 0,50	< 0,5	0,52	74,37	4,35	< 0,50	< 0,50	11,55
P3-5	< 0,50	< 0,5	2,28	7,26	3,85	< 0,50	< 0,50	13,68
P3-20	< 0,50	< 0,5	4,3	5,41	4,42	< 0,50	< 0,50	16,7
P3-40	< 0,50	< 0,5	5,2	4,33	4,73	< 0,50	< 0,50	19,13
P3-60	< 0,50	< 0,5	4,74	4,71	4,81	< 0,50	< 0,50	19,98
P3-100	< 0,50	< 0,5	6,05	4,57	6,62	< 0,50	< 0,50	29,91
P4-5	< 0,50	< 0,5	1,04	38,3	1,75	< 0,50	< 0,50	8,53
P4-20	< 0,50	< 0,5	1,76	7,72	2,57	< 0,50	< 0,50	11,14
P4-40	< 0,50	< 0,5	2,3	7,36	3,03	< 0,50	< 0,50	13,93
P4-60	< 0,50	< 0,5	3,41	7,16	3,67	< 0,50	< 0,50	14,62
P4-100	< 0,50	< 0,5	3,56	8,94	3,69	< 0,50	< 0,50	15,31
P5-5	< 0,50	0,79	3,72	212,4	19,55	< 0,50	< 0,50	57,14

P5-20	< 0,50	0,74	3,54	211,5	18,64	< 0,50	< 0,50	53,97
P5-40	< 0,50	0,81	3,53	209,1	19,62	< 0,50	< 0,50	53,23
P5-60	< 0,50	0,87	4,21	219,1	21,75	< 0,50	< 0,50	59,05
P5-100	< 0,50	0,9	2,76	212,2	21,36	< 0,50	< 0,50	57,95
P6-5	< 0,50	< 0,5	3,81	1,86	22,8	< 0,50	< 0,50	4,44
P6-20	< 0,50	< 0,5	4,12	< 0,5	2,54	< 0,50	< 0,50	4,66
P6-40	< 0,50	< 0,5	5,1	< 0,5	2,74	< 0,50	< 0,50	4,46
P6-60	< 0,50	0,61	7,04	33,46	4,25	< 0,50	< 0,50	6,81
P6-100	< 0,50	0,62	6,89	33,82	3,91	< 0,50	< 0,50	6,78
P7-5	< 0,50	0,67	3,95	230,2	12,41	< 0,50	< 0,50	44,96
P7-20	< 0,50	0,6	3,8	221,2	11,74	< 0,50	< 0,50	43,3
P7-40	< 0,50	0,6	4,68	213,8	12,53	< 0,50	< 0,50	44,69
P7-60	< 0,50	0,65	4,54	202,8	13,19	< 0,50	< 0,50	41,67
P7-100	< 0,50	< 0,5	4,51	208,4	9,24	< 0,50	< 0,50	31,92
P8-5	< 0,50	0,67	4,02	208,4	18,39	< 0,50	< 0,50	53,67
P8-20	< 0,50	0,68	5,33	210,5	18,71	< 0,50	< 0,50	54,21
P8-40	< 0,50	0,81	5,64	218,5	21,98	< 0,50	< 0,50	59,34
P8-60	< 0,50	0,79	5,93	215,5	22,05	< 0,50	< 0,50	58,3
P8-100	< 0,50	0,74	5,22	212,3	21,65	< 0,50	< 0,50	58,24
P9-5	< 0,50	0,6	3,68	201,3	17,17	< 0,50	< 0,50	52,63
P9-20	< 0,50	0,62	5,01	202,9	20,02	< 0,50	< 0,50	57,78
P9-40	< 0,50	0,65	4,63	203,2	19,74	< 0,50	< 0,50	57,94
P9-60	< 0,50	0,72	4,44	193,5	19,82	< 0,50	< 0,50	58,43
P9-100	< 0,50	0,75	5,17	197,8	19,57	< 0,50	< 0,50	58,28
P10-5	< 0,50	< 0,5	3,75	16,08	2,7	< 0,50	< 0,50	20,32
P10-20	< 0,50	< 0,5	2,61	< 0,5	2,45	< 0,50	< 0,50	17,4
P10-40	< 0,50	< 0,5	3,28	< 0,5	2,45	< 0,50	< 0,50	16,24
P10-60	< 0,50	< 0,5	3,87	< 0,5	2,48	< 0,50	< 0,50	16,29
P10-100	< 0,50	< 0,5	3,41	< 0,5	2,71	< 0,50	< 0,50	17,5
P11-5	< 0,50	0,69	4,77	18,34	3,89	< 0,50	< 0,50	18,44
P11-20	< 0,50	0,64	6,66	8,49	4,94	< 0,50	< 0,50	22,14
P11-40	< 0,50	0,79	6,08	200,7	6,06	< 0,50	< 0,50	21,37
P11-60	< 0,50	0,68	6,96	249,1	4,8	< 0,50	< 0,50	19,89
P11-100	< 0,50	0,54	5,2	88,01	4,32	< 0,50	< 0,50	18,88
P12-5	< 0,50	0,6	3,68	201,3	17,17	< 0,50	< 0,50	52,63
P12-20	< 0,50	0,62	5,01	202,9	20,02	< 0,50	< 0,50	57,78
P12-40	< 0,50	0,65	4,63	203,2	19,74	< 0,50	< 0,50	57,94
P12-60	< 0,50	0,72	4,44	193,5	19,82	< 0,50	< 0,50	58,43
P12-100	< 0,50	0,75	5,17	197,8	19,57	< 0,50	< 0,50	58,28
P13-5	< 0,50	1,37	2,51	209,1	16,99	< 0,50	< 0,50	54,73
P13-20	< 0,50	0,51	3,64	187,6	16,8	< 0,50	< 0,50	51,89
P13-40	< 0,50	0,75	4,62	205,2	20,06	< 0,50	< 0,50	59,69
P13-60	< 0,50	0,69	5,25	208,7	17,81	< 0,50	< 0,50	60,57
P13-100	< 0,50	0,59	4,68	< 0,5	17,99	< 0,50	< 0,50	50,22

Estudos em diferentes profundidade: 5 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm e 100 cm

Os valores dos teores dos elementos traços As, Pb e Se nas amostras do perfil do solo foram abaixo de  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  em todos os pontos amostrados e nas diferentes profundidades.

O teor de cádmio (Cd) nas amostras do perfil de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentaram valores médios na faixa de 0,62 a 0,78 mg kg<sup>-1</sup> e evidenciaram tendência de distribuição homogênea dos níveis de Cd ao longo do rio Madeira, sendo em P1 de 0,76 mg kg<sup>-1</sup>, P5 de 0,82 mg kg<sup>-1</sup>, P6 de 0,62 mg kg<sup>-1</sup>, P7 de 0,63 mg kg<sup>-1</sup>, P8 de 0,74 mg kg<sup>-1</sup>, P11 de 0,67 mg kg<sup>-1</sup>, P12 de 0,67 mg kg<sup>-1</sup> e P13 de 0,78 mg kg<sup>-1</sup>.

Os resultados observados são concordantes aos teores de Cd nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira (valor médio de 1,03 mg kg<sup>-1</sup>) e nos tributários (valor médio de 1,06 mg kg<sup>-1</sup>).

Os teores de Cd nos perfis de solo coletados na região próxima ao igarapé São Simão (pontos P2, P3 e P4) apresentaram valores abaixo de 0,5 mg kg<sup>-1</sup>, sendo concordante com o teor de Cd observado no sedimento do igarapé São Simão, no ponto P8-SIM (0,57 mg kg<sup>-1</sup>), evidenciando a baixa contribuição de Cd desta drenagem para a bacia do rio Madeira. Entretanto, este comportamento somente poderá ser avaliado durante o estudo temporal deste Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço.

O teor de cromo (Cr) nos perfis de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentaram valores médios na faixa de 1,18 a 5,93 mg kg<sup>-1</sup>, tendo sua distribuição ao longo do rio Madeira caracterizada por P1 de 2,92 mg kg<sup>-1</sup>, P2 de 1,18 mg kg<sup>-1</sup>, P3 de 4,51 mg kg<sup>-1</sup>, P4 de 2,41 mg kg<sup>-1</sup>, P5 de 3,55 mg kg<sup>-1</sup>, P6 de 5,39 mg kg<sup>-1</sup>, P7 de 4,30 mg kg<sup>-1</sup>, P8 de 5,23 mg kg<sup>-1</sup>, P9 de 5,38 mg kg<sup>-1</sup>, P10 de 3,38 mg kg<sup>-1</sup>, P11 de 5,93 mg kg<sup>-1</sup>, P12 de 4,59 mg kg<sup>-1</sup> e P13 de 4,14 mg kg<sup>-1</sup>.

Os resultados observados são concordantes aos teores de Cr nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira (valor médio de 3,20 mg kg<sup>-1</sup>) e nos tributários (valor médio de 4,00 mg kg<sup>-1</sup>) sendo, portanto, observada uma distribuição homogênea deste elemento traço na bacia do rio Madeira.

O teor de manganês (Mn) nos perfis de solo coletados apresentaram valores médios na faixa de 112,93 a 215,28 mg kg<sup>-1</sup> nas regiões caracterizadas por P1 de 201,02 mg kg<sup>-1</sup>, P2 de 173,69 mg kg<sup>-1</sup>, P5 de 212,86 mg kg<sup>-1</sup>, P7 de 215,28 mg kg<sup>-1</sup>, P8 de 213,04 mg kg<sup>-1</sup>, P11 de 112,93 mg kg<sup>-1</sup>, P12 de 199,74 mg kg<sup>-1</sup> e P13 de 202,65 mg kg<sup>-1</sup>. Valores médios menores, entre 0,5 mg kg<sup>-1</sup> a 23,05 mg kg<sup>-1</sup>, foram observados nas regiões do igarapé São Simão, nos pontos P3 (5,26 mg kg<sup>-1</sup>) e P4 (13,90 mg kg<sup>-1</sup>), na margem esquerda do rio Madeira próximo à confluência com o rio Mutum-Paraná, nos pontos P6 (23,05 mg kg<sup>-1</sup>) e P9 (abaixo de 0,5 mg kg<sup>-1</sup>), e no igarapé São Lourenço, no ponto P10 (16,08 mg kg<sup>-1</sup>).

Os resultados observados não foram concordantes aos teores de Mn nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira (valor médio de 206,09 mg kg<sup>-1</sup>) e nos tributários (valor médio de 203,99 mg kg<sup>-1</sup>) sendo, portanto, observada uma distribuição homogênea deste elemento traço na bacia do rio Madeira. Entretanto este comportamento somente poderá ser avaliado durante o estudo temporal deste Plano de Monitoramento Ambiental de Elementos Traço.

O teor de níquel (Ni) nos perfis de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou valor médio de 10,70 ± 7,4 mg kg<sup>-1</sup>, sendo os menores valores observados nas regiões do igarapé São Simão (P4 - 2,92 mg kg<sup>-1</sup>), na margem esquerda do rio Madeira próximo à confluência com o rio Mutum Paraná (P9 - abaixo de 2,65 mg kg<sup>-1</sup>) e no igarapé São Lourenço (P10 - 2,56 mg kg<sup>-1</sup>). Os resultados observados foram concordantes aos teores Ni nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira (valor médio de 18,74 mg kg<sup>-1</sup>) e nos tributários (valor médio de 12,91 mg kg<sup>-1</sup>).

O teor de zinco (Zn) nos perfis de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentou valor médio de 33,53 ± 19,9 mg kg<sup>-1</sup>, sendo os menores valores observados nas regiões do igarapé São Simão, nos pontos P3 (14,88 mg kg<sup>-1</sup>) e P4 (12,71 mg kg<sup>-1</sup>), na margem esquerda do rio Madeira próximo à confluência com o rio Mutum Paraná, nos pontos P6 ( 5,43 mg kg<sup>-1</sup>) e P9 (abaixo de 12,97 mg kg<sup>-1</sup>) e no igarapé São Lourenço (P10 - 17,55 mg kg<sup>-1</sup>). Os resultados observados foram concordantes aos teores Zn nas amostras de sedimento coletadas na calha do rio Madeira (valor médio de 48,02 mg kg<sup>-1</sup>) e nos tributários (valor médio de 47,11 mg kg<sup>-1</sup>).

Os teores dos elementos traço Cd, Cr, Mn, Ni e Zn nos perfis de solo coletados nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira tiveram tendência em aumentar com a profundidade de coleta, evidenciando sítios de ocorrência natural dos elementos metálicos, não havendo influência de fontes poluidoras na liberação destes para o sistema.

Os resultados dos teores de matéria orgânica e análises granulométricas dos solos coletados na bacia do rio Madeira estão apresentados na **Tabelas 6**.

**Tabela 6.** Resultados do teor de matéria orgânica (% m/m) e das análises granulométricas (% m/m) do solo nos pontos amostrados na bacia do rio Madeira no período de enchente.

Ponto	Matéria Orgânica (% m/m)	Areia (% m/m)	Silte (% m/m)	Argila (% m/m)
P1	8,89	67,77	25,19	4,85
P2	6,83	76,75	17,94	6,64
P3	4,45	79,38	16,16	4,58
P4	4,87	77,34	19,84	6,24
P5	7,19	79,39	17,48	6,80
P6	3,89	76,11	21,29	4,02
P7	7,41	64,83	26,26	5,42
P8	7,05	71,86	19,40	4,59
P9	3,81	95,17	11,13	3,28
P10	4,57	78,42	14,04	5,42
P11	5,63	79,49	17,38	4,99
P12	6,81	77,71	14,10	7,59
P13	7,06	77,44	21,36	4,03

A distribuição dos elementos traço no solo e no sedimento está relacionada com o conteúdo de carbono orgânico, argila, ferro, fósforo, potencial redox e enxofre, dentre outros. Os agentes orgânicos complexantes solúveis em água, tais como humatos e fulvatos, podem quelar as espécies solúveis e insolúveis na água.

As análises granulométricas das amostras de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira apresentaram valores médios de  $74,51 \pm 5,81$  % (m/m) de areia,  $20,59 \pm 3,89$  % (m/m) de silte e  $5,51 \pm 1,08$  % (m/m) de argila, enquanto que os valores médios de matéria orgânica foram de  $6,22 \pm 1,84$  % (m/m), sendo característicos de solo da região Amazônica.

Os solos possuem uma elevada capacidade de reter e armazenar elementos traço, devido ao forte acoplamento deste com o carbono presente. Os solos argilosos apresentam aparentemente uma elevada capacidade de reter elementos traço, podendo acumulá-lo por muitos anos (ROCHA *et al.*, 2000, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Os menores valores de matéria orgânica foram observados nos solos coletados nos pontos P3 (4,45 % m/m), P4 (4,87 % m/m), P6 (3,89 % m/m), P9 (3,81 % m/m) e P11 (4,57 % m/m), sendo neste compartimentos encontrados os menores teores dos elementos traço Cd, Mn, Ni e Zn, evidenciando a forte correlação com a matéria orgânica do solo.

#### **5.4. Teores de Elementos Traço em Peixe**

O pescado é considerado um alimento de grande valor nutricional, principalmente pelo seu rico valor protéico e pelo seu elevado nível de micronutrientes,

sendo seu consumo um hábito diário em muitas comunidades. Vários fatores influenciam o grau de exposição dos indivíduos a um poluente destacando a frequência da ingestão de pescado, preferência por determinadas espécies, tamanho dos espécimes e o nível trófico (PHILLIPS *et al.*, 1980; MOLLERKE, 2003).

Os resultados dos teores médios dos elementos traço As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn nas amostras de peixe adquiridas diretamente nas comunidades ribeirinhas da área de influência do AHE Jirau estão apresentados na **Tabela 7**.

**Tabela 7.** Resultados das concentrações ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) dos elementos traços As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se e Zn em músculo de peixe ( $n=65$ ) de relevante consumo pela população na bacia do rio Madeira.

Espécime	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
Piau ( <i>Leporinus fasciatus</i> ) ( $n=15$ - onívoro)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,87+0,12	< 0,5	< 0,5	< 0,5	15,12+3,81
Sardinha ( <i>Triportheus albus</i> ) ( $n=8$ - onívoro)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,71+1,18	< 0,5	< 0,5	< 0,5	10,72+3,03
Apapá ( <i>Pellona Castelnaeana</i> ) ( $n=10$ - onívoro)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,88+1,16	< 0,5	< 0,5	< 0,5	14,48+6,17
Barbado ( <i>Pinirampus pirinampu</i> ) ( $n=15$ - carnívoro)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,68+1,16	< 0,5	< 0,5	< 0,5	14,83+4,21
Piranha ( <i>Serrasalmus sp</i> ) ( $n=3$ - carnívoro)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,18+1,07	< 0,5	< 0,5	< 0,5	21,38+2,62
Traíra ( <i>Hoplias malabaricus</i> ) ( $n=2$ - carnívoro)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,58+0,24	< 0,5	< 0,5	< 0,5	8,73+1,67
Dourada ( <i>Brachyplatystoma avicans</i> ) ( $n=10$ - carnívoro)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,62+0,16	< 0,5	< 0,5	< 0,5	13,96+4,16

As espécimes de peixe adquiridas nas comunidades ribeirinhas apresentaram valores dos elementos traço As, Cd, Cr, Ni, Pb e Se abaixo de  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ . Atualmente, no Brasil, não existe legislação específica sobre limites máximos de metais permitidos em peixes de água doce para o consumo humano. Contudo, pode ser utilizado como referência a Portaria ANVISA nº 685, de 27 de agosto de 1998, que aprovou um regulamento técnico que trata dos “Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos” e traz um anexo com os “Limites Máximos de Tolerância para Contaminantes Inorgânicos”, sendo preconizado os seguintes limites: As  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ , Cd  $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$  e Pb  $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Desta forma, os teores destes elementos traço encontrados nas amostras de peixe analisadas estão abaixo do valor preconizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária para o consumo humano.

Dentre os elementos essenciais, o Se apresenta considerável toxicidade devido ao fato da pequena diferença entre a dose essencial e a tóxica. As amostras de peixe analisadas apresentaram valores de Se menores do que  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , não excedendo o

limite de tolerância recomendável pela Organização Mundial da Saúde de 1,5 mg kg<sup>-1</sup> para o consumo humano.

Cabral (2006), estudou os teores de Se no pescado e nos vegetais consumidos na alimentação básica da população do lago Puruzinho, em Rondônia. Os teores deste elemento traço foram elevados nas espécies detritívoro *Potamorhina altamazonica* (0,051 mg kg<sup>-1</sup>), *Potamorhina latior* (0,061 mg kg<sup>-1</sup>) e *Laemolita próxima* (0,034 mg kg<sup>-1</sup>) quando comparados aos valores encontrados nos carnívoros *Bouengerella maculata* (0,036 mg kg<sup>-1</sup>), *Acestrorinchus falcirostris* (0,016 mg kg<sup>-1</sup>), *Sorubim lima* (0,102 mg kg<sup>-1</sup>), *Asteoglossum birchirrossum* (0,044 mg kg<sup>-1</sup>) e *Pellona flavipinis* (0,067 mg kg<sup>-1</sup>), possivelmente devido ao estoque de Se nos detritos após o processo de sedimentação.

Os teores do elemento Mn nas amostras apresentaram valores médios de 1,15±0,82 mg kg<sup>-1</sup> nas espécies onívoras e 0,77 ± 0,66 mg kg<sup>-1</sup> nas espécies carnívoras.

Os teores do elemento Zn nas amostras apresentaram valores médios de 13,44±4,34 mg kg<sup>-1</sup> nas espécies onívoras e 14,73±3,17 mg kg<sup>-1</sup> nas espécies carnívoras, não sendo observados diferença entre os hábitos alimentares das espécies.

## 6. Considerações Finais

As fontes dos elementos traço estudados na região de influência do AHE Jirau são, provavelmente, o intemperismo e a erosão das rochas das bacias de drenagem. Os teores dos elementos traço nos perfis de solo coletadas nas áreas dos pulsos de inundação do rio Madeira tiveram tendência em aumentar com a profundidade de coleta, evidenciando sítios de ocorrência natural dos elementos metálicos, não havendo influência de fontes poluidoras na liberação destes para o sistema.

Os teores dos elementos traço determinados nas amostras de peixe e nos compartimentos ambientais amostrados (água superficial, sedimento de fundo e solo) na bacia do rio Madeira estão de acordo com os níveis naturais relatados na literatura para a região Amazônica e com as legislações vigentes, indicando não haver interferência antropogênica.

## 7. Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 518/2004/Ministério da Saúde** – Brasília, Editora do Ministério da Saúde, 2005.

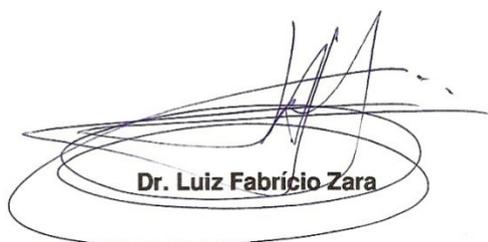
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA  
RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, Brasília, 2005
- CABRAL, C. M. Projeto: **Estudo da contaminação ambiental e humana por poluentes inorgânicos e orgânicos nos rios Guaporé, Mamoré e Madeira - RO com georeferenciamento dos dados a partir do uso de geoprocessamento (ESCOPOGEO)**. Sub-projeto: Análise de selênio em peixes, vegetais e solos do Lago Puruzinho – Amazônia, 2006
- DOREA, J.G.; MOREIRA, M.B.; BARBOSA, A.A.C. Selenium and mercury concentrations in some fish species of the Madeira River, Amazon Basin, Brazil. **Biol. Trace Elem.**, v. 65, p. 211, 1998.
- FORAN, J.A. Toxic substances in surface waters. **Environm. Sci. Technol.**, v. 24, p. 604, 1990.
- GALVÃO, R.C.F.; BERNARDI, J.V.E.; ALMEIDA, R.; BASTOS, W.R.; GOMES, J.P. **O. Relação espacial do mercúrio e elementos traços em sedimento de fundo no alto rio Madeira**. Anais do Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, v. 51, 2007.
- FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. Berlin: Springer-Verlag, 1983.
- LIMA, E.A.R. **Avaliação geoquímica da ocorrência de metais pesados selecionados em sedimentos pelíticos da Plataforma Continental do Amazonas no trecho entre a foz do rio Pará e ao cabo Orange**. Dissertação de Mestrado, UFPA, Belém – PA, 2003.
- MACKAY, D.; CLARK, K.E. Predicting the environmental partitioning of organic contaminants and their transfer to biota. In: JONES, K.C. (Org.). **Organic Contaminants in the Environment**. Environm. Managem. Series. New York: Elsevier Science Pub., 1991.
- PEREIRA, P.F.; SILVA, J.L.; MENDES, A.S.; SIQUEIRA, G.W. **Avaliação do fósforo total e disponível em sedimentos da Plataforma Amazônica**. Anais do XL Congresso Brasileiro de Química, v. 348, 2000.
- ROCHA, J.C.; SARGENTINI JÚNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio Negro) - A possible process of the mercury cycle in Brazil. **Talanta**, v. 53, p. 551, 2000.
- ROCHA, J.C.; SARGENTINI JÚNIOR, É.; ZARA, L.F.; ROSA, A.H.; SANTOS, A.; BURBA, P. Reduction of mercury(II) by tropical river humic substances (Rio

- Negro) - Part II. Influence of structural features (molecular size, aromaticity, phenolic groups, organically bound sulfur). **Talanta**, v. 61, p. 699, 2003.
- SEYLER, P.T.; BOAVENTURA, G.R. Trace elements in the mainstream Amazon river. In: MCCLAIN, M.E.; VICTORIA, F.R.L.; RICHEY, J.E. (Orgs.). **The biogeochemistry of the Amazon basin**. Oxford Press, 2001.
- SIQUEIRA, G.W.; PEREIRRA, S.F.P.; APRILE, F.M. Determinação dos elementos-traço (Zn, Co e Ni) em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica sob influência da descarga do rio Amazonas. **Acta Amazônia**, v. 36, p. 321, 2006.
- WREN, C.D.; Macrimmon, H.R. Examination of bioaccumulation and biomagnification of metals in a precambrian shield lake. **Water Air Soil Pollut.**, v. 19, p. 27791, 1983.

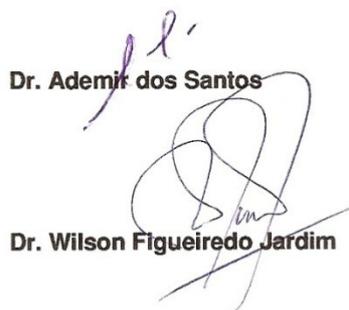
## 8. Equipe Técnica de Trabalho

Profissional	RG	Qualificação	Função no Plano
Luiz Fabricio Zara	20.219.582 SSP/SP	Doutor/Químico	Coordenador geral
Ademir dos Santos	2721703173 SSP/SP	Doutor/Químico	Especialista em análise de campo
Julio Cezar Rocha	79522324 SSP/SP	Doutor/Químico	Especialista em mercúrio na Amazônia
Wilson F. Jardim	61052139 SSP/SP	Doutor/Químico	Especialista em mercúrio na Amazônia
Vanessa P. Franzini	300237844 SSP/SP	Doutora/Química	Especialista em análise de mercúrio
Ednaldo R. Souza	234796522 SSP/SP	Técnico em Química	Analista laboratorial
Wilyane Figueiredo	2670524 SSP/DF	Graduando/Gestão Ambiental	Analista em SIG
Tania Machado	5213430 SSP/GO	Graduando/Gestão Ambiental	Analista em SIG

Goiânia, 19 de março de 2010



**Dr. Luiz Fabricio Zara**



**Dr. Ademir dos Santos**



**Dr. Julio César Rocha**



**Dr. Wilson Figueiredo Jardim**

## **ANEXO V**



# USINA HIDRELÉTRICA JIRAU

## RELATÓRIO TÉCNICO PARCIAL DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DO APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO JIRAU

### 2ª CAMPANHA DE CAMPO DO MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO DO CANTEIRO DE OBRAS

EMPRESA: **Aquanálise - Análises de Água e Consultoria**

PERÍODO DAS ATIVIDADES: **Janeiro/2010**

RESPONSÁVEL DA CONTRATADA: **Dra. Daniela Maimoni de Figueiredo**

RESPONSÁVEL DA ESBR: **Jairo Guerrero**

## SUMÁRIO

<b>Relatório de Ensaio: Rio Madeira</b> .....	1
1. Locais de Coleta .....	1
2. Metodologia.....	1
3. Observações.....	1
4. Credenciamentos .....	2
5. Resultados.....	2
<b>Relatório de Ensaio: Tributários</b> .....	5
1. Locais de Coleta .....	5
2. Metodologia.....	5
3. Observações.....	5
4. Credenciamentos: .....	6
5. Resultados.....	6
<b>Comunidade de Organismos Aquáticos do rio Madeira e dos córregos na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau</b> .....	9
1. Introdução .....	9
2. Objetivos.....	9
3. Materiais e Métodos .....	9
4. Resultados e Discussão.....	11
5. Considerações Finais .....	31
6. Bibliografia.....	31



## **EQUIPE**

**Responsável pela coleta:** Téc. Luiz Evaristo e Gil.

**Responsável pela realização das análises:** Téc. Ana Paula Salvaterra da Silva – CRQ 16ª Região 16400703.

**Responsável pela emissão do relatório de ensaio:** Dra. Daniela Maimoni de Figueiredo - CRBio 18030/01-D.

**Responsável Técnico:** Dra. Daniela Maimoni de Figueiredo - CRBio 18030/01-D.

**Responsável pela comunidade fitoplanctônica:** Msc. Janielly Carvalho Camargo

**Responsável pela comunidade zooplanctônica:** Msc. Ibraim Fantin da Cruz

**Responsável pela comunidade de macroinvertebrados bentônicos:** Msc. Rúbia Fantin da Cruz

## Relatório de Ensaio: Rio Madeira

### 1. Locais de Coleta

- 030.1.A** – Rio Madeira (P01)
- 030.2.A** – Rio Madeira (P02)
- 030.3.A** – Rio Madeira (P03)
- 030.4.A** – Margem Esquerda (P04)
- 030.5.A** – Foz afluente (P5A)
- 030.6.A** – Foz Afluente (P6A)

Uso da Água: Geração de Energia Elétrica  
Chuva nas últimas 24 horas: Sim  
Data do recebimento da amostra: 27 a 29/01/2010  
Temperatura de recebimento da amostra: 18 e 20°C  
Data do encerramento das análises: 26/02/2010  
Data de emissão do Relatório de Ensaio: 03/03/2010

### 2. Metodologia

As análises foram realizadas de acordo com os métodos da 20ª Edição do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” - APHA/ AWWA.

### 3. Observações

- Os resultados obtidos têm seu valor restrito às amostras analisadas.
- O Controle de Checagem de Amostras (CCA) é realizado pelo laboratório e, no caso de divergências de padrões normais, é aberto um registro do fato, descrevendo as ações corretivas, contendo ações, prazos e responsáveis.
- Os procedimentos de coleta e preservação seguem as normas da CETESB (1988) e NBR 9898/87.
- A Aquanálise se isenta de qualquer responsabilidade quanto aos procedimentos adotados para coleta ou informações prestadas sempre que forem realizadas por outra parte.
- Caso este relatório contenha alguma análise terceirizada, essa informação é devidamente registrada no orçamento aprovado pelo interessado, restando à Aquanálise a garantia da qualidade dos ensaios, sendo previamente checadas com o terceirizado (certificados de

calibração, alvarás, qualificações, profissionais e licenças operacionais), neste caso como fornecedor homologado por essa empresa.

#### 4. Credenciamentos

VISA – Vigilância Sanitária e Ambiental CM 70807,Nº 02819 /2009-2010

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente – Cadastro Técnico PJ Nº 606 / 2008 - 2009.

CRBio – Conselho Regional de Biologia, Nº 134-01-01

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Nº 2594770

#### 5. Resultados

##### *Dados Obtidos em Campo*

Parâmetro	Unidade	Resultados					
		030.1.A	030.2.A	030.3.A	030.4.A	030.5.A	030.6.A
Data da coleta	-	28/01/2010	28/01/2010	28/01/2010	29/01/2010	28/01/2010	28/01/2010
Hora da coleta	-	10:35	11:47	13:44	08:55	12:16	11:22
Temp. do ar	°C	28,2	29,1	30,5	28,6	31,0	28,4
Temp. da água	°C	27,2	26,9	26,6	26,7	27,1	27,3
Profundidade	m	30,0	27,0	20,0	20,0	20,0	8,0
Transparência de Secchi	m	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Zona eufótica	m	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Coordenadas	UTM	8984838,88N 322154,37E	8978704,24N 321691,96E	8976423,01N 320304,73E	8975462,00N 316639,01E	8977398,23N 321633,14E	8980051,65N 320875,98E

**Relatório de Ensaio Analítico**

Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados						VMP
			030.1.A	030.2.A	030.3.A	030.4.A	030.5.A	030.6.A	
pH	-	0,1	6,98	6,95	6,91	6,98	6,91	6,71	6,0 – 9,0
Alcalinidade total	mg/L	1,0	18	18	18	18	18	15	-
Acidez total	mg/L	10	30	26	26	22	23	22	-
Acidez livre	mg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	-
Potencial Redox	-	0,1	( <sup>1</sup> )	-					
Oxigênio dissolvido	mg/L	0,2	7,2	7,2	7,4	4,8	7,4	6,6	5,0
Saturação de oxigênio	%	-	92,88	92,88	88,47	61,92	95,46	78,91	-
Condutividade elétrica	µS/cm	0,01	57,6	57,7	58,0	50,6	57,6	50,2	-
Dureza	mg/L	2,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	12,0	-
Turbidez	UNT	2,0	1130	1223	1287	1080	1194	945	100
Cor	mgPt/L	2,0	72	116	219	132	221	475	75
Carbono Inorgânico	mg/L	1,0	18	18	18	18	18	15	-
Carbono Orgânico	mg/L	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Carbono Total	mg/L	1,0	18	18	18	18	18	15	-
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1,0	4,0	2,0	< 1,0	3,0	2,0	2,0	5,0
DQO	mg/L	6,0	18	13	8	6	11	22	-
Nitrogênio total	mg/L	0,010	1,369	0,978	1,112	1,066	1,338	1,462	-
Nitrogênio amoniacal	mg/L	0,010	0,018	0,054	0,075	0,069	0,053	0,032	3,7
Nitrogênio Kjeldahl	mg/L	0,010	0,888	0,876	0,987	0,922	1,057	1,222	-
Nitrito total	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	0,035	0,027	0,036	< 0,001	1,0
Nitrato total	mg/L	0,010	0,481	0,102	0,090	0,117	0,245	0,240	10
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	10,0	620	804	863	594	798	495	-
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	10,0	584	748	812	563	752	463	-
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	10,0	36	56	51	31	46	32	-
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	10,0	188	167	180	202	165	150	500
Sólidos Totais	mg/L	10,0	808	971	1043	796	963	645	-
Sulfato	mg/L	0,1	24,2	12,3	13,5	13,0	11,7	11,4	250
Sulfeto	mg/L	0,002	0,022	0,019	0,014	0,013	0,012	0,011	0,002
Fósforo total	mg/L	0,010	> 3,000	> 3,000	> 3,000	> 3,000	> 3,000	> 3,000	-
Cloreto	mg/L	0,5	18,99	18,99	18,99	18,99	28,99	18,99	250
Ferro total	mg/L	0,010	29,73	29,70	34,69	29,22	29,34	24,69	-
Sílica solúvel	mg/L	0,010	2,132	2,336	2,141	2,201	2,303	2,441	-

Óleos e graxas	mg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	V.A.
Cianotoxinas (Microcistina)	µg/L	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	-

L.D.- Limite de Detecção do método;

V.M.P. – Valor Máximo Permitido, conforme a Resolução 357/05 do CONAMA para rios de Classe 2;

(<sup>1</sup>) Medição não efetuada devido a problema no equipamento.

### *Relatório de Ensaio Biológico*

Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados						VMP
			030.1.A	030.2.A	030.3.A	030.4.A	030.5.A	030.6.A	
Clorofila <i>a</i>	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	30
Feofitina	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1,0	25	65	23	61	55	178	1000
Coliformes Fecais	NMP/100mL	1,0	20	63	20	51	41	161	1000

NMP – Número Mais Provável;

L.D.-Limite de Detecção do método;

V.M.P. –Valor Máximo Permitido, conforme a Resolução 357/05 do CONAMA para rios de Classe 2.

**Observação:** A coleta do Ponto 11 não pode ser realizada devido à construção da ensecadeira J3.

## Relatório de Ensaio: Tributários

### 1. Locais de Coleta

**030.7.A** – 1ª Etapa – Montante (P07)

**030.8.A** – 1ª Etapa – Jusante (P08)

**030.9.A** – 2ª Etapa – Montante (P09)

**030.10.A** – 2ª etapa – Jusante (P10)

Chuva nas últimas 24 horas: Sim

Data do recebimento da amostra: 27 a 29/01/2010

Temperatura de recebimento da amostra: 18 e 20°C

Data do encerramento das análises: 26/02/2010

Data de emissão do Relatório de Ensaio: 03/03/2010

### 2. Metodologia

As análises foram realizadas de acordo com os métodos da 20ª Edição do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” -APHA/ AWWA

### 3. Observações

- Os resultados obtidos têm seu valor restrito às amostras analisadas.
- O Controle de Checagem de Amostras (CCA) é realizado pelo laboratório e, no caso de divergências de padrões normais, é aberto um registro do fato, descrevendo as ações corretivas, contendo ações, prazos e responsáveis.
- Os procedimentos de coleta e preservação seguem as normas da CETESB (1988) e NBR 9898/87.
- A Aquanálise se isenta de qualquer responsabilidade quanto aos procedimentos adotados para coleta ou informações prestadas sempre que forem realizadas por outra parte.
- Caso este relatório contenha alguma análise terceirizada, essa informação é devidamente registrada no orçamento aprovado pelo interessado, restando à Aquanálise a garantia da qualidade dos ensaios, sendo previamente checadas com o terceirizado (certificados de calibração, alvarás, qualificações, profissionais e licenças operacionais), neste caso como fornecedor homologado por essa empresa.

#### 4. Credenciamentos:

VISA – Vigilância Sanitária e Ambiental CM 70807,Nº 02819 /2009-2010.

SEMA – Secretaria Estadual de Meio Ambiente – Cadastro Técnico PJ Nº 606 / 2008 - 2009.

CRBio – Conselho Regional de Biologia, Nº 134-01-01.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – Nº 2594770.

#### 5. Resultados

##### *Dados Obtidos em Campo*

Parâmetro	Unidade	Resultados			
		030.7.A	030.8.A	030.9.A	030.10.A
Data da coleta	-	27/01/2010	27/01/2010	27/01/2010	27/01/2010
Hora da coleta	-	13:15	11:45	15:03	15:56
Temperatura do ar	°C	35,4	35,9	33,1	29,1
Temperatura da água	°C	27,3	26,7	25,3	23,9
Profundidade	m	0,80	1,00	0,40	1,10
Transparência de Secchi	m	0,25	0,70	0,15	0,25
Zona eufótica	m	0,75	2,10	0,45	0,75
Coordenadas	UTM	8972212,17N 321007,59E	8973114,85N 321120,67E	8977472,42N 321838,12E	8977062,90N 322401,23E

**Relatório de Ensaio Analítico**

Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados				VMP
			030.7.A	030.8.A	030.9.A	030.10.A	
pH	-	0,1	5,66	5,81	5,18	4,48	6,0 - 9,0
Alcalinidade total	mg/L	1,0	11	8	3	< 1,0	-
Acidez total	mg/L	10	22	24	26	32	-
Acidez livre	mg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	-
Potencial Redox	-	0,1	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	-
Oxigênio dissolvido	mg/L	0,2	4,4	5,8	2,4	4,2	5,0
Saturação de oxigênio	%	-	55,30	70,20	30,17	53,48	-
Condutividade elétrica	µS/cm	0,01	21,5	21,8	10,8	19,5	-
Dureza	mg/L	2,0	12,0	4,0	4,0	< 2,0	-
Turbidez	UNT	2,0	7	16	118	148	100
Cor	mgPt/L	2,0	65	153	487	779	75
Carbono Inorgânico	mg/L	1,0	11	8	3	< 1,0	-
Carbono Orgânico	mg/L	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
Carbono Total	mg/L	1,0	11	8	3	< 1,0	-
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1,0	2,0	< 1,0	2,0	3,0	5,0
DQO	mg/L	6,0	6,0	11,0	14,0	17,0	-
Nitrogênio total	mg/L	0,010	0,690	1,030	0,705	0,821	-
Nitrogênio amoniacal	mg/L	0,010	0,089	0,283	0,035	0,067	3,7
Nitrogênio Kjeldahl	mg/L	0,010	0,456	0,823	0,623	0,729	-
Nitrito total	mg/L	0,001	0,002	< 0,001	0,016	0,006	1,0
Nitrato total	mg/L	0,010	0,232	0,207	0,066	0,086	10
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	10,0	8	8	71	53	-
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	10,0	4	2	58	46	-
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	10,0	4	6	13	7	-
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	10,0	102	95	110	177	500
Sólidos Totais	mg/L	10,0	110	103	181	230	-
Sulfato	mg/L	0,1	< 0,1	0,20	1,5	6,5	250
Sulfeto	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	0,007	0,002
Fósforo total	mg/L	0,010	0,082	0,052	0,570	0,772	-

Ortofosfato	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010	0,165	0,438	-
Cloreto	mg/L	0,5	18,99	28,99	18,99	28,99	250
Ferro total	mg/L	0,010	3,054	3,063	3,468	9,530	-
Sílica solúvel	mg/L	0,010	1,953	1,837	2,271	3,025	-
Óleos e graxas	mg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10	V.A.
Cianotoxinas (Microcistina)	µg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-

L.D.- Limite de Detecção do método;

V.M.P. – Valor Máximo Permitido, conforme a Resolução 357/05 do CONAMA para rios de Classe 2;

(<sup>1</sup>) Medição não efetuada devido a problema no equipamento.

### ***Relatório de Ensaio Biológico***

Parâmetro	Unidade	L.D.	Resultados				VMP
			030.7.A	030.8.A	030.9.A	030.10.A	
Clorofila <i>a</i>	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	30
Feofitina	µg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1,0	166	13	266	317	1000
Coliformes Fecais	NMP/100mL	1,0	150	10	259	311	1000

NMP – Número Mais Provável;

L.D.- Limite de Detecção do método;

V.M.P. – Valor Máximo Permitido, conforme a Resolução 357/05 do CONAMA para rios de Classe 2.

## **Comunidade de Organismos Aquáticos do rio Madeira e dos córregos na área de influência do canteiro de obras do AHE Jirau**

### **1. Introdução**

As comunidades bióticas, como as fitoplânctônicas, zooplânctônicas e zoobentônicas, são consideradas ótimas ferramentas para a avaliação das condições do meio ambiente, pois funcionam como “sensores de alterações ambientais”, refletindo assim a dinâmica do ecossistema (GENTIL *et al.*, 2008). Em função dessa grande capacidade de sinalização, esses organismos têm sido amplamente utilizados em estudos de monitoramento dos corpos d'água que possuem múltiplos usos.

Neste sentido, está sendo realizado o monitoramento dos corpos d'água superficiais próximos à área de influência direta do canteiro de obras do AHE Jirau, localizado no estado de Rondônia, cujos resultados e análises, referentes à amostragem do mês de janeiro de 2010, são apresentados neste relatório.

### **2. Objetivos**

1- Identificar os principais grupos taxonômicos das comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos do rio Madeira e dos principais afluentes na área de influência direta do canteiro de obras do AHE Jirau, em janeiro de 2010, em período chuvoso na região.

2- Analisar os principais atributos destas comunidades bióticas (densidade, riqueza e diversidade) e relacionar com o tipo de ambiente, com o período do ano e com possíveis modificações provocadas pelas atividades do canteiro de obras.

### **3. Materiais e Métodos**

As coletas de água foram realizadas entre os dias 27 e 29 de janeiro de 2010, período chuvoso na região, sendo registrada ocorrência chuva nas últimas 24 horas na bacia.

Foram feitas coletas em 06 (seis) locais no rio Madeira, codificados como P1 a P6, e 02 (dois) afluentes desse rio localizados na área de influência direta do canteiro de obras do AHE Jirau, denominados P7 a P10.

Ressalta-se que não foi possível realizar a coleta na estação P11, devido à construção da ensecadeira J3.

A descrição e a codificação dos locais de monitoramento são apresentadas a seguir:

- P1 - Rio Madeira (P1)*
- P2 - Rio Madeira (P2)*
- P3 - Rio Madeira (P3)*
- P4 - Margem Esquerda (P4)*
- P5 - Foz afluyente (P5A)*
- P6 - Foz afluyente (P6A)*
- P7 - 1ª Etapa – Montante (P7)*
- P8 - 1ª Etapa – Jusante (P8)*
- P9 - 2ª Etapa – Montante (P9)*
- P10 - 2ª Etapa – Jusante (P10)*

Para a análise qualitativa do fitoplâncton (identificação), as amostragens foram realizadas com rede de plâncton (malha de 60µm, através de 20 arrastes contra a corrente. O material concentrado foi preservado em solução de Transeau, conforme Bicudo e Bicudo (1970). Para as análises quantitativas dessa comunidade, as coletas de água foram feitas através de passagem de frasco de 300 mL na sub-superfície, onde foi adicionado 5 mL de solução de lugol-acético a 1%.

As coletas de zooplâncton para as análises qualitativas foram realizadas com rede cônica de malha de 60 µm, através de arraste contra a corrente por cerca de 05 (cinco) minutos. Para as análises quantitativas dessa comunidade, foram filtrados 200 litros de água nesta mesma rede. Ambas as amostras foram preservadas com 10mL de solução de formol à 40%.

As densidades das populações fitoplantônicas (nº ind/mL) foram estimadas pelo método de sedimentação, conforme Utermöhl (1958) em microscópio invertido. Foram enumerados os indivíduos (células, colônias, cenóbios e filamentos) em tantos campos aleatórios (UHELINGER, 1964) quanto os necessários para alcançar 100 indivíduos da espécie mais freqüente, de modo que o erro de contagem fosse inferior a 20% ( $p < 0.05$ ; LUND *et. al*, 1958). Nas amostras em que este critério não pôde ser atingido em função das baixas concentrações de algas e/ou elevado teor de sedimento em suspensão, contou-se tantos campos quantos os necessários para estabilizar o número de espécies adicionadas a cada campo contado (método da área mínima). As riquezas de espécies (nº táxons/amostra) foram avaliadas considerando-se o número total de espécies em cada amostra. A identificação dos táxons foi realizada utilizando-se Bourrelly (1970), Bicudo e Bicudo

(1970), De-Lamonica-Freire (1985), Krammer e Lange-Bertalot (1991), Garcia de Emiliani (1993), Bicudo *et. al* (1995), Huszar e Silva (1999), Bicudo e Menezes (2005).

As análises da comunidade zooplanctônica foram feitas com microscópio estereoscópico e óptico. A identificação foi realizada utilizando-se os trabalhos de Koste (1978), Reid (1985), Paggi (1995), Elmoor-Loureiro (1997). Foram feitas contagens dos organismos da amostra total, devido à pouca quantidade em número de indivíduos por m<sup>3</sup>. As contagens processaram-se em lâmina do tipo “Sedgewich-rafter”.

As coletas de sedimento para análise quali-quantitativa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foram realizadas com pegador de van Veen modificado, com área de 0,03 m<sup>2</sup>. Após o procedimento de coleta, o material foi acondicionado em saco plástico devidamente identificado e preservado em formol à 8% (CETESB, 2003). Em laboratório, o sedimento para análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi codificado, corado com solução de rosa de bengala (5%) e lavado em peneira de 0,25mm. A triagem e a identificação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi realizada com estereomicroscópio e microscópio óptico. Após a identificação e quantificação, todo o material foi fixado em álcool 70% e devidamente armazenado.

As identificações foram feitas através de literatura especializada, utilizando-se, principalmente, os trabalhos de McCafferty (1981); Rosemberg e Resh (1993); Trivinho Strixino e Strixino (1995); Merritt e Cummins (1996). A riqueza taxonômica (nº táxons/amostra) foi avaliada considerando-se o número total de espécies em cada amostra.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Fitoplâncton

A comunidade fitoplanctônica possui grande importância nos ambiente aquáticos, pois é uma das principais produtoras de oxigênio e matéria orgânica, além de ser a base da cadeia alimentar destes sistemas. Por essas características, essa comunidade responde às modificações ocorridas no meio através de mudanças em sua abundância e sua composição, indicando eficientemente, desta forma, a qualidade da água.

A comunidade fitoplanctônica do rio Madeira e seus afluentes foi representada por 91 espécies de algas, distribuídas em 08 (oito) classes taxonômicas (**Tabela 1**), quais

sejam: Bacillariophyceae (24 táxons), Chlorophyceae (04 táxons), Cyanobacteria (09 táxons), Dinophyceae (01 táxon), Euglenophyceae (09 táxons), Oedogoniophyceae (02 táxons) e Zygnemaphyceae (42 táxons). As classes que mais contribuíram para a composição específica foram: Zygnemaphyceae (47%), Bacillariophyceae (27%), Euglenophyceae (10%) e Cyanobacteria (9%), respectivamente. As demais classes contribuíram de forma menos expressiva, sendo responsáveis por somente 7% da composição específica (**Figura 1**). Comparativamente, a classe Bacillariophyceae foi a que mais contribuiu para os padrões de composição de espécies do rio Madeira, enquanto que nos afluentes do rio Madeira a que mais contribuiu para a composição específica foi a classe Zygnemaphyceae (**Figura 1**).

Quanto à riqueza de espécies, os valores registrados oscilaram entre 08 (oito) e 54 táxons, sendo que o maior valor foi registrado no ponto P7 e os menores nos pontos P1, P2, P4 e P6 (**Tabela 1 e Figura 2**). Em geral, os valores de riqueza de espécies podem ser considerados baixos quando comparados aos valores obtidos nas campanhas anteriores. Além disso, o rio Madeira apresentou, em média, valores bem menores de riqueza (09 táxons) do que os seus afluentes (38 táxons). Esse padrão pode ser atribuído à elevada turbidez do rio Madeira, especialmente no período chuvoso, e também à influência da vegetação marginal nos afluentes, pois nestes locais a riqueza de espécies foi sustentada principalmente pelas desmídias, que são, via de regra, oriundas de locais sob influência de regiões litorâneas, pois estas algas são exclusivamente metafíticas (COESEL, 1996).

Do mesmo modo, os valores de diversidade de espécies podem ser considerados baixos, sobretudo, no rio Madeira, pois estes são reflexos diretos das baixas riquezas de espécies verificadas nesta campanha. Os valores de diversidade de espécies oscilaram entre 0,48 bits/ind (ponto P1) a 1,10 bits/ind no ponto P7 (**Tabela 2 e Figura 2**). Comparativamente, o rio Madeira apresentou valores bem menores de diversidade (< 0,65 bits/ind) do que os seus afluentes (> 0,70 bits/ind). Esses baixos valores de diversidade registrados no rio Madeira podem ser atribuídos à contribuição de poucas espécies para a densidade total e a baixa riqueza de espécies deste ambiente, visto que, esse índice é extremamente sensível aos valores de densidade e de riqueza de espécies.

Dentre as espécies identificadas, apenas 8% delas foram consideradas constantes, ou seja, estiveram presentes em 50% ou mais das amostras estudadas. A classe

Bacillariophyceae foi a que apresentou maior número de espécies constantes (03 táxons), seguida das classes Zygnemaphyceae (02 táxons) e Cyanobacteria (01 táxon), respectivamente. As demais classes foram compostas apenas de indivíduos pouco frequentes. Entre as diatomáceas, os táxons considerados comuns foram: *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, *Tabellaria* sp1 e Penales 1. Já entre as desmídias, somente *Closterium kuetzingii* e *Mougeotia* sp foram consideradas comuns. Dentre as cianobactérias, apenas *Oscillatoria* sp ocorreu em mais de 50% das amostras.

Com relação à densidade, os valores variaram entre 22 ind/mL no ponto P1 a 150 ind/mL no ponto P7 (**Tabela 2 e Figura 3**). Em média, o rio Madeira apresentou valores de densidade mais baixos (57 ind/mL) do que os seus afluentes (66 ind/mL) (**Tabela 2 e Figura 3**). Quanto à contribuição das classes para a densidade total, a classe Bacillariophyceae foi a que mais contribuiu com a densidade total (com 54%), seguida das classes Oedogoniophyceae (com 20%) e Zygnemaphyceae (com 14%), respectivamente (**Tabela 2 e Figura 2**). Já as demais classes foram numericamente pouco representativas. Os táxons mais abundantes foram: *Oedogonium* sp (122 ind/ml); *Aulacoseira granulata* var. *granulata* (111 ind/ml); *Tabellaria* sp1 (63 ind/ml); Penales 1 (60 ind/ml); *Mougeotia* sp (48 ind/ml); *Pinnularia* sp2 (40 ind/ml) e *Anabaena planctonica* (17 ind/ml), respectivamente. O sucesso numérico da maioria destes táxons pode ser atribuído à ampla tolerância destas espécies às condições de baixa luminosidade da coluna d'água (REYNOLDS *et al.*, 2002).

Em suma, os resultados obtidos demonstraram um padrão conspícuo e coerente para os todos os atributos da comunidade fitoplanctônica, com maiores valores de riqueza, diversidade e densidade ocorrendo nos afluentes do rio Madeira. Esse padrão observado pode ser atribuído às características fluviais dos sistemas e também ao período de chuvas, pois o rio Madeira, além de possuir maior vazão que seus afluentes, devido às suas grandes dimensões, também possui águas muito mais turbidas, especialmente no período chuvoso, dificultando, com isso, o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica.

Destaca-se ainda que todos os atributos medidos desta comunidade (riqueza, diversidade e densidade) tiveram redução entre os pontos de coleta P7 e P8, devido, provavelmente, aos resíduos gerados no canteiro de obras, uma vez que o segmento do córrego entre esses locais de coleta é relativamente curto, sendo encontradas instaladas

várias atividades do canteiro de obras. Essa redução também foi observada, em menor magnitude, entre os pontos P9 e P10. Nesse caso, entretanto, a maior conectividade do ponto P10 com o rio Madeira, na época chuvosa deve ser a principal causa dessa redução.

**Tabela 1.** Frequência de ocorrência e riqueza de espécies fitoplanctônicas nas estações amostradas no rio Madeira (P1-P6) e seus principais tributários (P7-P10) na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010.

TÁXONS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>										
<i>Actinella</i> cf. <i>brasiliensis</i>								X	X	
<i>Actinella</i> sp							X		X	X
<i>Amphipleura</i> sp								X		
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	X	X	X	X	X	X				
<i>Aulacoseira</i> sp		X					X	X		
<i>Cymbella</i> sp							X			
<i>Eunotia</i> cf. <i>monodom</i>							X			
<i>Eunotia</i> sp1			X			X	X			
<i>Eunotia</i> sp2							X			
<i>Fragilaria</i> sp								X		
<i>Gomphonema</i> sp								X		X
<i>Navicula</i> sp							X			
<i>Pinnularia</i> cf. <i>sudetica</i>							X		X	
<i>Pinnularia</i> sp1		X								
<i>Pinnularia</i> sp2							X	X	X	
<i>Pinnularia</i> sp3								X	X	
<i>Stenopterobia</i> sp							X			X
<i>Synedra</i> sp							X			
<i>Tabellaria</i> sp1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Tabellaria</i> sp2			X							
<i>Ulnaria</i> sp					X				X	
Naviculaceae			X				X	X		X
Penales 1	X		X	X		X	X		X	X
Penales 2			X							
<b>CHLOROPHYCEAE</b>										
<i>Coelastrum reticulatum</i>							X		X	
<i>Eudorina</i> sp							X	X		
<i>Monoraphidium</i> sp										X
<i>Pandorina morum</i>							X			
<b>CYANOBACTERIA</b>										
<i>Anabaena planctônica</i>							X	X	X	
<i>Aphanocapsa elachista</i>								X		
<i>Arthrospira</i> sp									X	X
<i>Oscillatoria princeps</i>									X	
<i>Oscillatoria</i> sp	X	X	X	X	X	X				
<i>Pseudoanabaena</i> sp							X	X	X	X
Nostocales							X	X	X	
Oscillatoriales					X		X			
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>										

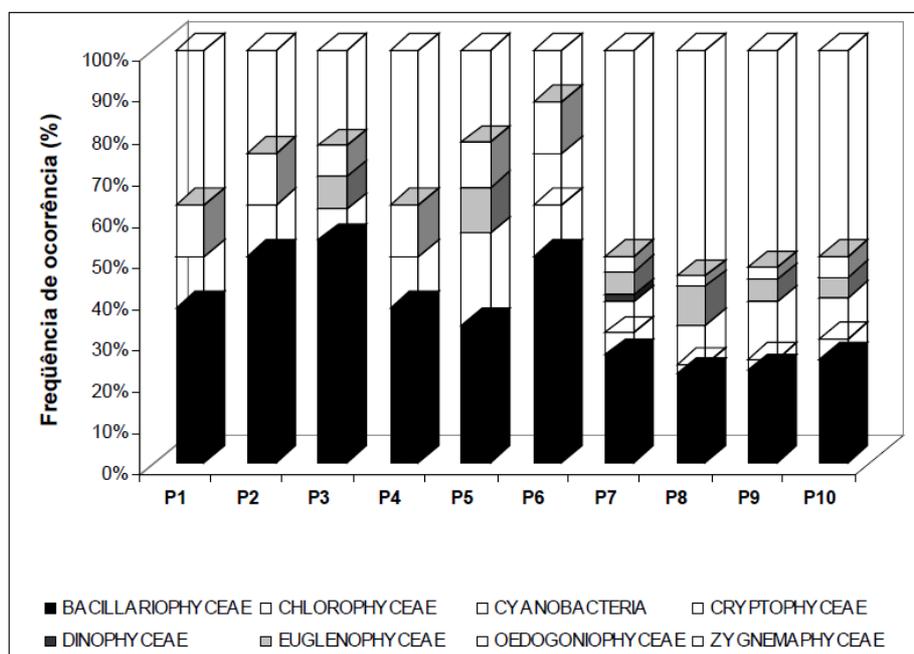
<i>Cryptomonas</i> sp							X				
<b>DINOPHYCEAE</b>											
<i>Peridinium</i> sp								X			
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>											
<i>Euglena acus</i> var. <i>acus</i>								X		X	
<i>Euglena acus</i> var. <i>longissima</i>										X	
<i>Euglena oxyuris</i>			X								
<i>Euglena próxima</i>					X				X		
<i>Lepocincles ovum</i>									X		
<i>Phacus longicauda</i>											X
<i>Phacus</i> sp									X		
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>								X	X		
<i>Trachelomonas</i> sp								X			
<b>OEDOGONIOPHYCEAE</b>											
<i>Bulbochaete</i> sp								X			
<i>Oedogonium</i> sp	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>											
<i>Actinotaenium globosum</i>								X			
<i>Bambusina borneri</i>									X	X	
<i>Closterium acutum</i>	X			X	X						
<i>Closterium bacillum</i>								X	X	X	
<i>Closterium costatum</i>								X	X		
<i>Closterium diana</i>									X	X	
<i>Closterium ehrenbergii</i>								X	X	X	
<i>Closterium kuetzingii</i>	X	X	X	X					X		
<i>Closterium macileum</i>								X	X		
<i>Closterium nasutum</i>								X		X	
<i>Closterium setaceum</i>										X	
<i>Closterium venus</i>									X		
<i>Closterium wallichii</i>								X	X		
<i>Closterium</i> sp1		X									
<i>Closterium</i> sp2								X	X		
<i>Closterium</i> sp3								X	X	X	
<i>Closterium</i> sp4								X		X	
<i>Closterium</i> sp5									X		
<i>Cosmarium obtusatum</i>								X	X		
<i>Cosmarium pyramidatum</i>									X		
<i>Cosmarium subspeciesiosum</i>								X			
<i>Cosmarium</i> sp								X	X		
<i>Cylindrocystis brebissonii</i>									X		
<i>Desmidium cylindricum</i>								X	X	X	X
<i>Desmidium swartzii</i>										X	X
<i>Desmidium</i> sp										X	
<i>Euastrum ansatum</i>								X			
<i>Gonatozygon kinahanii</i>								X	X	X	
<i>Grombladia neglecta</i>								X	X		X
<i>Hyalotheca dissiliens</i>									X	X	
<i>Hyalotheca</i> sp											X
<i>Micrasterias borgei</i>								X		X	X
<i>Micrasterias laticeps</i>								X			

<i>Micrasterias radiosa</i>							X		X	X
<i>Micrasterias</i> sp										X
<i>Mougeotia</i> sp	X		X	X	X	X	X		X	X
<i>Netrium digitus</i>							X	X		
<i>Pleurotaenium minutum</i>							X		X	
<i>Pleurotaenium trabécula</i>			X				X		X	X
<i>Staurastrum muticum</i>							X			
<i>Spyrogira</i> sp							X	X	X	X
Desmidiaceae 1							X	X		
<b>RIQUEZA TOTAL (Taxa/amostra)</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>20</b>

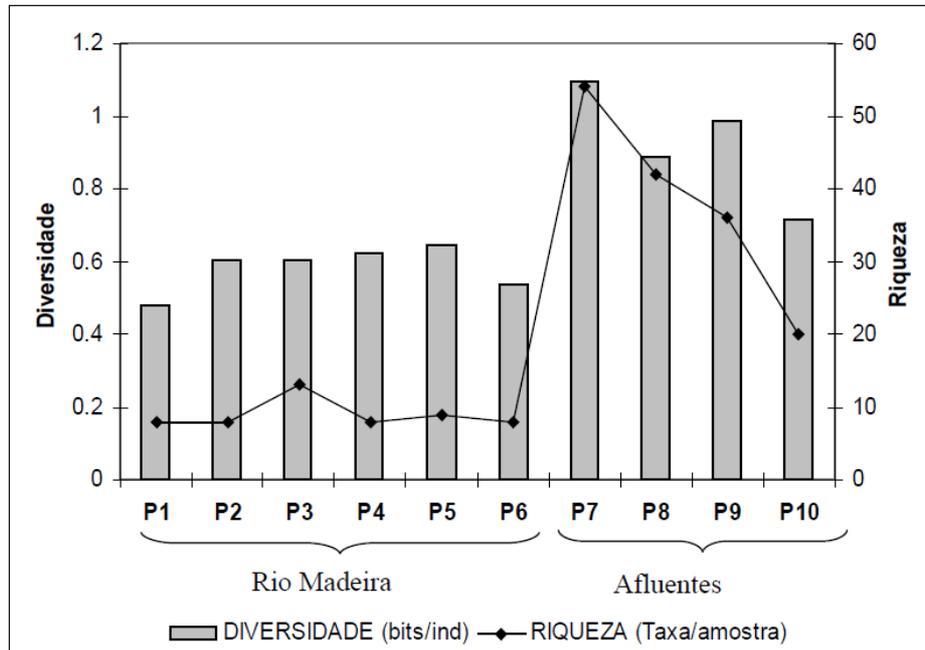
**Tabela 2.** Densidade fitoplanctônica, densidade total por classe taxonômica, por estação de coleta e diversidade de espécies por estação de coleta amostrada no rio Madeira (P1-P6) e seus principais tributários (P7-P10) na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010.

TÁXONS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>										
<i>Actinella</i> cf. <i>brasiliensis</i>								6		
<i>Actinella</i> sp							3			
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	7	10	10	22	33	28				
<i>Fragilaria</i> sp								3		
<i>Gomphonema</i> sp										3
<i>Pinnularia</i> cf. <i>sudetica</i>									10	
<i>Pinnularia</i> sp2							33	3	3	
<i>Stenopterobia</i> sp							3			9
<i>Synedra</i> sp							3			
<i>Tabellaria</i> sp1	7	10		11	22	9			3	
<i>Ulnaria</i> sp									3	
Naviculaceae							3	3		
Penales 1			10	11			20		10	9
Penales 2								3		
<b>Bacillariophyceae total</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>44</b>	<b>56</b>	<b>38</b>	<b>67</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>22</b>
<b>CHLOROPHYCEAE</b>										
<i>Coelastrum reticulatum</i>							3			
<i>Eudorina</i> sp							3			
<i>Monoraphidium</i> sp										3
<b>Chlorophyceae total</b>							<b>6</b>			<b>3</b>
<b>CYANOBACTERIA</b>										
<i>Anabaena planctonica</i>							13		3	
<i>Pseudoanabaena</i> sp										3
<b>Cyanobacteria total</b>							<b>13</b>		<b>3</b>	<b>3</b>
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>										
<i>Cryptomonas</i> sp						9				
<b>Cryptophyceae total</b>						<b>9</b>				
<b>DINOPHYCEAE</b>										
<i>Peridinium</i> sp							10			
<b>Dinophyceae total</b>							<b>10</b>			
<b>EUGLENOPHYCEAE</b>										
<i>Euglena acus</i> var. <i>longissima</i>							3			

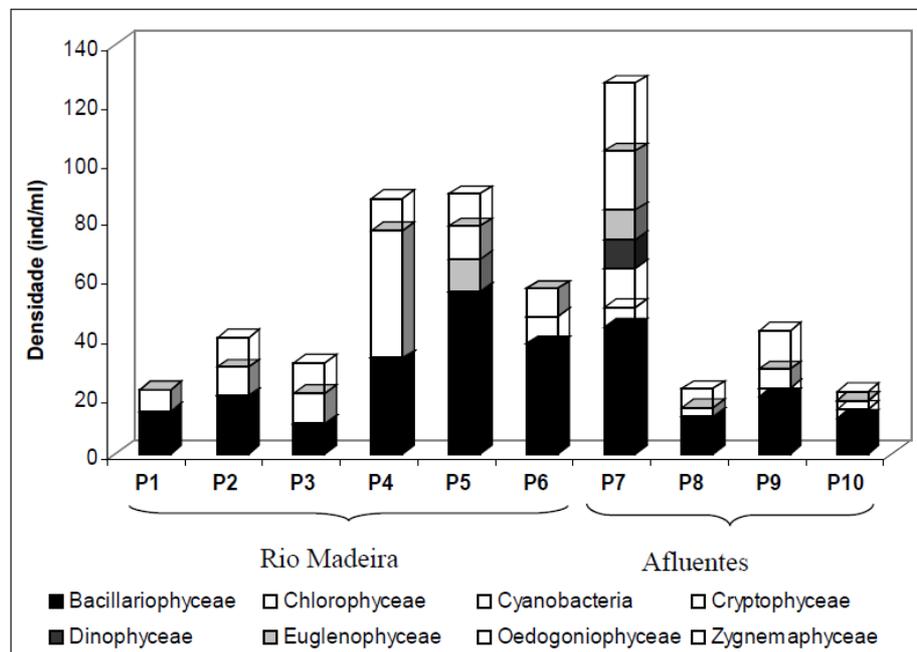
<i>Euglena proxima</i>					11					
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>							7			
<b>Euglenophyceae total</b>					11		10			
<b>OEDOGONIOPHYCEAE</b>										
<i>Oedogonium</i> sp	7	10	10	44	11	9	20	3	6	0
<b>Oedogoniophyceae total</b>	7	10	10	44	11	9	20	3	6	0
<b>ZYGNEMAPHYCEAE</b>										
<i>Closterium diana</i> e									3	
<i>Closterium nasutum</i>							3			
<i>Closterium setaceum</i>									3	
<i>Closterium wallichii</i>								3		
<i>Gonatozygon kinahanii</i>							3			
<i>Mougeotia</i> sp		10		11	11		7	3	3	3
<i>Netrium digitus</i>							7			
<i>Pleurotaenium minutum</i>									3	
<i>Pleurotaenium trabécula</i>			10							
<i>Staurastrum muticum</i>							3			
<b>Zygnemaphyceae total</b>	0	10	10	11	11	0	23	6	13	3
<b>DENSIDADE TOTAL (ind/ml)</b>	22	40	42	98	89	57	150	29	52	31
<b>DIVERSIDADE TOTAL (bits/ind)</b>	0,48	0,60	0,60	0,62	0,65	0,54	1,10	0,89	0,99	0,71



**Figura 1.** Contribuição relativa das classes fitoplanctônicas para a composição total de espécies do rio Madeira e principais tributários na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010.



**Figura 2.** Riqueza e diversidade de espécies fitoplanctônicas do rio Madeira e principais tributários na área de influência do AHE Jirau, em janeiro de 2010.



**Figura 3.** Densidade por classe fitoplanctônica do rio Madeira e principais tributários na área de influência do AHE Jirau, durante o mês de janeiro de 2010.

#### 4.2. Zooplâncton

O zooplâncton constitui uma das comunidades mais abundantes e diversificadas dos ambientes aquáticos e está representado por inúmeras espécies pertencentes a vários filos. Assim, o estudo sobre essa comunidade fornece informação básica sobre o ecossistema e ainda indica a existência de gradientes causados pelas alterações ambientais decorrentes de processos antrópicos, pois esses organismos são ótimos bioindicadores das perturbações ambientais.

A comunidade zooplanctônica do rio Madeira e seus afluentes, em janeiro de 2010, foi representada por 59 táxons, sendo 41 táxons de rotíferos, 15 de cladóceros e 03 (três) de copépodes (**Tabela 3**). A riqueza de espécies variou entre 11 (pontos P5 e P8) e 25 táxons (pontos P6 e P10), tanto no rio Madeira quanto em seus afluentes (**Figura 4**). Contudo, os valores médios de riqueza foram maiores nos afluentes (18 táxons) do que no rio Madeira (17 táxons). Quanto aos padrões espaciais deste atributo, não foi observado nenhum gradiente espacial, assim, a comunidade zooplanctônica além de ser bastante especiosa pode também ser considerada amplamente distribuída.

A diversidade de espécies no rio Madeira oscilou entre 0,87 (ponto P5) a 1,19 bits.ind<sup>-1</sup> (ponto P1) e em seus afluentes variou de 0.89 (ponto P8) a 1.11 bits.ind<sup>-1</sup> (ponto P7) (**Figura 4**). Em média, a diversidade de espécies foi maior no rio Madeira (1,09 bits.ind<sup>-1</sup>) do que nos seus afluentes (1,00 bits.ind<sup>-1</sup>). A menor diversidade média verificada nos afluentes se deve a presença de alguns táxons, como *Moina minuta*, *Bosminopsis deitersi*, *Ilyocryptus spnifer* e *Nauplio Cyclopoida*, que foram muito abundantes nos afluentes, ocasionando, desta forma, a redução dos valores de diversidade neste sistema, uma vez que este índice é bastante sensível a dominância numérica das espécies.

Quanto à frequência de ocorrência, os rotíferos foram os mais constantes, ou seja, apresentaram maior número de espécies em no mínimo 50% das amostras. Tanto no rio Madeira quanto em seus afluentes, dos 41 táxons de rotíferos registrados, 14 (34%) foram considerados constantes, sendo que *Ascomorpha* sp, *Asplanchna* sp, *Dipleuchlanis propatula*, *Lecane curvicornis*, *L. lunaris* *Polyarthra vulgaris* e *Bdelloidea* foram comuns aos 02 (dois) sistemas (**Tabela 3**). Durante o período chuvoso, o aumento de táxons constantes sugere uma diminuição da variabilidade ambiental entre os sistemas, provavelmente, devido ao efeito homogeneizador provocado pelo aumento da vazão.

Diferentemente da diversidade e principalmente da riqueza, a densidade zooplanctônica apresentou grande variabilidade em seus valores, sobretudo nos afluentes do rio Madeira (**Figura 5**). No rio Madeira, os valores de densidade variaram de 238 ind.m<sup>-3</sup> (ponto P5) a 1216 ind.m<sup>-3</sup> (ponto P6) (**Figura 5**), enquanto que nos seus afluentes oscilaram de 280 (ponto P8) a 11.839 ind.m<sup>-3</sup> (ponto P10) (**Figura 5**). Em média, as densidades zooplanctônicas foram bem menores no rio Madeira (557 ind.m<sup>-3</sup>) do que em seus afluentes (5418 ind.m<sup>-3</sup>) (**Figura 5**). As espécies que foram responsáveis por esses elevados valores de densidades nos afluentes foram: *Moina minuta*, Nauplio Cyclopoida, *Bosminopsis deitersi*, Copepodito Cyclopoida, *Ilyocryptus verrucosus*, *Lecane leontina*, Nauplio Calanoida, *Microcyclops* sp, *Macrothrix triserialis*, Bdelloidea e *Dipleuchlanis propatula*, respectivamente (**Tabela 4**).

Em relação à contribuição dos grupos para a densidade total, os rotíferos foram os que mais contribuíram com a densidade total independente do sistema estudado (**Figura 6**), sendo que no rio Madeira contribuíram com cerca de 46% da densidade total e nos seus afluentes com cerca de 45% da densidade total (**Figura 6**). Já a contribuição dos microcrustáceos foi diferente entre os sistemas (**Figura 6**), sendo que os cladóceros contribuíram mais nos afluentes (32%) do que no rio Madeira (10%). Em contraste, os copépodes contribuíram mais para a densidade do rio Madeira (44%) do que para a densidade dos seus afluentes (23%). Esses resultados demonstram uma diferença na estrutura da comunidade entre os ambientes, principalmente devido à contribuição dos cladóceros, pois esse grupo quase não é encontrado no rio Madeira. Já em seus afluentes, é o segundo mais abundante, sendo responsável por cerca de 1/3 da densidade total (**Figura 6**). A ocorrência de cladóceros em elevadas abundâncias é reflexo direto da estabilidade do ambiente, pois esses organismos geralmente são encontrados abundantemente em ambientes com menor vazão e com grande disponibilidade de algas, que são consideradas a sua principal fonte alimentar. O sucesso quali e quantitativo dos rotíferos nos 02 (dois) sistemas pode estar associado às suas características oportunistas, que lhes permitem colonizar os mais diferentes tipos de habitats com densidade e diversidade consideráveis.

Em suma, com base nos dados apresentados pôde-se observar o mesmo padrão geral encontrado nas campanhas anteriores para esses sistemas, com menores valores médios de riqueza e densidade no rio Madeira e maiores valores de diversidade, quando comparado

aos seus afluentes. Contudo, nessa campanha foi observado grande número de táxons comuns aos 02 (dois) sistemas, demonstrando que o regime de chuvas mais intenso nesse período deve ter efeito homogeneizador sobre o ambiente, reduzindo a variabilidade ambiental entre os sistemas, permitindo o intercâmbio das espécies entre os ambientes e ainda o seu estabelecimento e a sua permanência. Observou-se ainda que a riqueza, a diversidade e a densidade foram menores no ponto de coleta P8 em relação ao ponto P7, devido à redução da comunidade fitoplanctônica (disponibilidade de alimento) e pelas mesmas razões expostas para essa comunidade.

**Tabela 3.** Composição taxonômica, riqueza e diversidade de espécies da comunidade zooplanctônica no gradiente longitudinal do rio Madeira (P01 a P06) e de seus afluentes (P07 a P10), em janeiro de 2010.

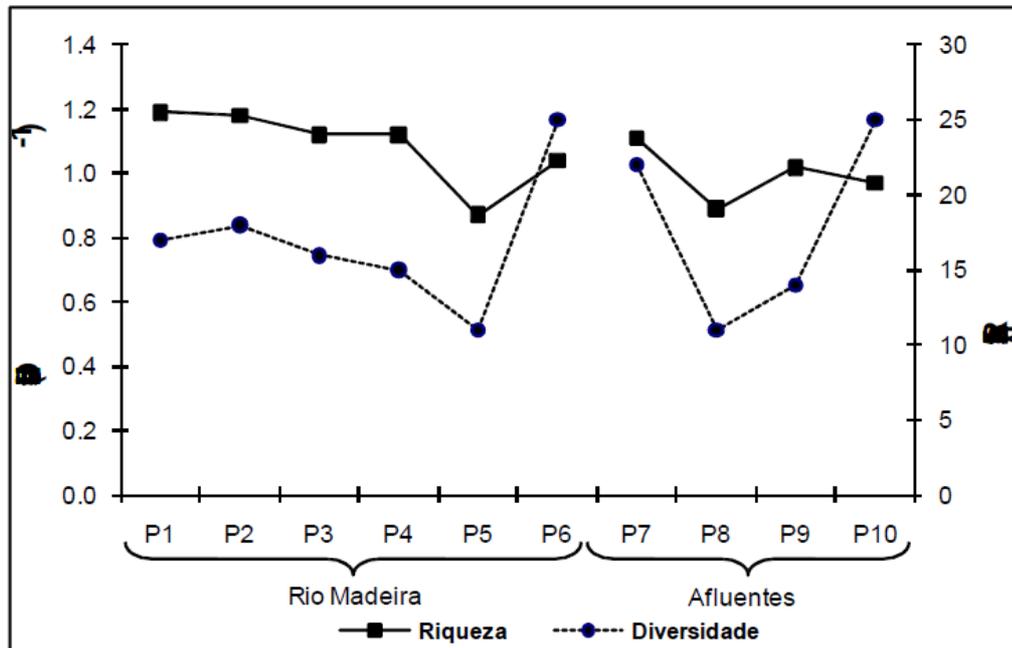
TÁXONS	Rio Madeira						Afluentes			
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<b>ROTIFERA</b>										
<i>Ascomorpha</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Asplanchna</i> sp.	X		X			X	X			X
<i>Brachionus caudatus</i>	X									
<i>B. patulus</i>						X	X		X	X
<i>B. quadridentatus</i>		X		X		X				
<i>B. zahniseri</i>	X	X	X	X	X	X				
<i>Cephalodella</i> sp.							X			
<i>Conochilus</i> sp.						X				X
<i>Dipleuchlanis propatula</i>		X	X			X			X	X
<i>Filinea longiseta</i>						X				
<i>F. opoliensis</i>		X	X	X						
<i>F. terminalis</i>	X	X				X				
<i>Hexarthra</i> sp.										
<i>Keratella americana</i>		X	X			X				
<i>K. lenzi</i>										X
<i>Lecane bulla</i>							X		X	
<i>L. closterocerca</i>										
<i>L. cornuta</i>							X	X		
<i>L. curvicornis</i>	X	X		X	X	X	X			X
<i>L. hamata</i>	X									
<i>L. leontina</i>						X	X	X	X	
<i>L. ludwigi</i>										
<i>L. lunaris</i>				X	X	X			X	X
<i>L. pyriformis</i>									X	
<i>L. proiecta</i>							X	X		

<i>L. quadridentata</i>							X			
<i>L. stichae</i>							X			X
<i>Lepadella</i> sp.	X	X						X		
<i>Manfredium eudactylota</i>									X	
<i>Mytilina bisulcata</i>	X		X							
<i>Monommata</i> sp.										X
<i>Platytas quadricornis</i>	X		X	X	X	X	X			X
<i>Polyarthra vulgaris</i>	X	X	X				X			X
<i>Proales</i> sp.									X	
<i>Testudinella mucronata</i>		X	X	X	X	X				
<i>T. patina</i>	X	X	X	X	X	X				
<i>Trichocerca elongata</i>						X				
<i>T. similis</i>										X
<i>Trichocerca</i> sp.									X	
<i>Trichotria tetractis</i>						X				
Bdelloidea		X	X	X	X	X		X	X	X
<b>CLADOCERA</b>										
<i>Alona poppei</i>	X						X	X		X
<i>Bosminopsis deitersi</i>	X	X	X	X				X		X
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>						X				X
<i>Chydorus</i> sp.										
<i>Diaphanosoma</i> sp.										X
<i>Euryalona brasiliensis</i>										X
<i>Ilyocryptus spinifer</i>									X	
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>							X	X		
<i>Leydigiopsis curvirostris</i>							X			
<i>Leydigiopsis megalops</i>										X
<i>Macrothrix triserialis</i>							X		X	X
<i>Macrothrix</i> sp.								X	X	
<i>Moina minuta</i>		X	X	X		X	X			X
<i>Oxirella</i> sp.							X			
<i>Sarsilatona</i> sp.						X				
<b>COPEPODA</b>										
Nauplio Cyclopoida	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Copepodito Cyclopoida		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Thermocyclops</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X			X
<i>Microcyclops</i> sp.	X	X		X	X	X	X			X
Nauplio Calanoida	X	X	X	X	X	X	X			X
Copepodito Calanoida	X	X	X		X	X				
<i>Notodiaptomus</i> sp.										X
<b>Diversidade (bits.ind-1)</b>	<b>1,19</b>	<b>1,18</b>	<b>1,12</b>	<b>1,12</b>	<b>0,87</b>	<b>1,04</b>	<b>1,11</b>	<b>0,89</b>	<b>1,02</b>	<b>0,97</b>
<b>Riqueza (n° táxons)</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>25</b>

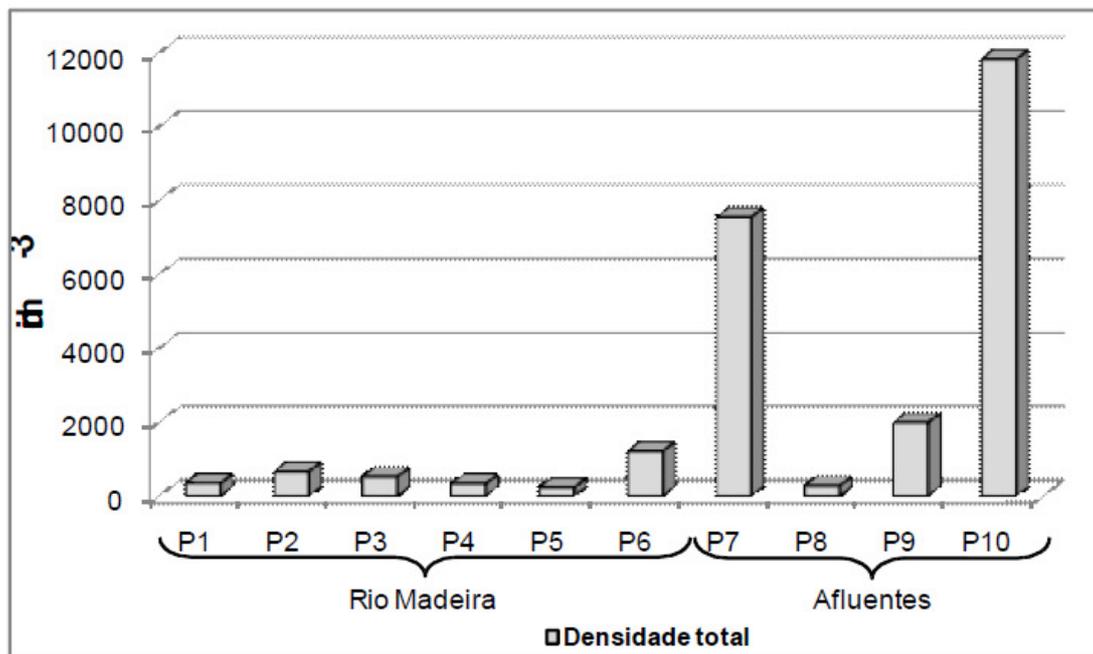
**Tabela 4.** Densidade zooplanctônica (ind.m<sup>-3</sup>) no gradiente longitudinal do rio Madeira (P01 a P06) e de seus afluentes (P07 a P10), em janeiro de 2010.

TÁXONS	Rio Madeira						Afluentes			
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<b>ROTIFERA</b>										
<i>Ascomorpha</i> sp.	22	0	56	0	0	30	56	0	0	56
<i>Asplanchna</i> sp.	0	0	0	0	0	0	222	0	0	0
<i>Brachionus caudatus</i>	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. patulus</i>	0	0	0	0	0	15	278	0	0	56
<i>B. quadridentatus</i>	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. zahniseri</i>	0	28	0	19	9	0	0	0	0	0
<i>Cephalodella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	56	0	0	0
<i>Conochilus</i> sp.	0	0	0	0	0	222	0	0	0	0
<i>Dipleuchlanis propatula</i>	0	56	0	0	0	0	0	0	466	56
<i>Filinea longiseta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>F. opoliensis</i>	0	0	28	19	0	0	0	0	0	0
<i>F. terminalis</i>	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hexarthra</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella americana</i>	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0
<i>K. lenzi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167
<i>Lecane bulla</i>	0	0	0	0	0	0	111	0	0	0
<i>L. closteroerca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. cornuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. curvicornis</i>	22	28	0	37	18	30	0	0	0	167
<i>L. hamata</i>	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. leontina</i>	0	0	0	0	0	15	778	167	278	0
<i>L. ludwigi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. lunaris</i>	0	0	0	19	9	0	0	0	46	56
<i>L. pyriformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0
<i>L. proiecta</i>	0	0	0	0	0	0	111	0	0	0
<i>L. quadridentata</i>	0	0	0	0	0	0	56	0	0	0
<i>L. stichae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepadella</i> sp.	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Manfredium eudactylota</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0
<i>Mytilina bisulcata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monommata</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
<i>Platyias quadricornis</i>	44	0	0	56	18	15	111	0	0	56
<i>Polyarthra vulgaris</i>	0	28	28	0	0	0	111	0	0	56
<i>Proales</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	93	0
<i>Testudinella mucronata</i>	0	28	28	0	0	15	0	0	0	0
<i>T. patina</i>	22	83	0	0	9	30	0	0	0	0

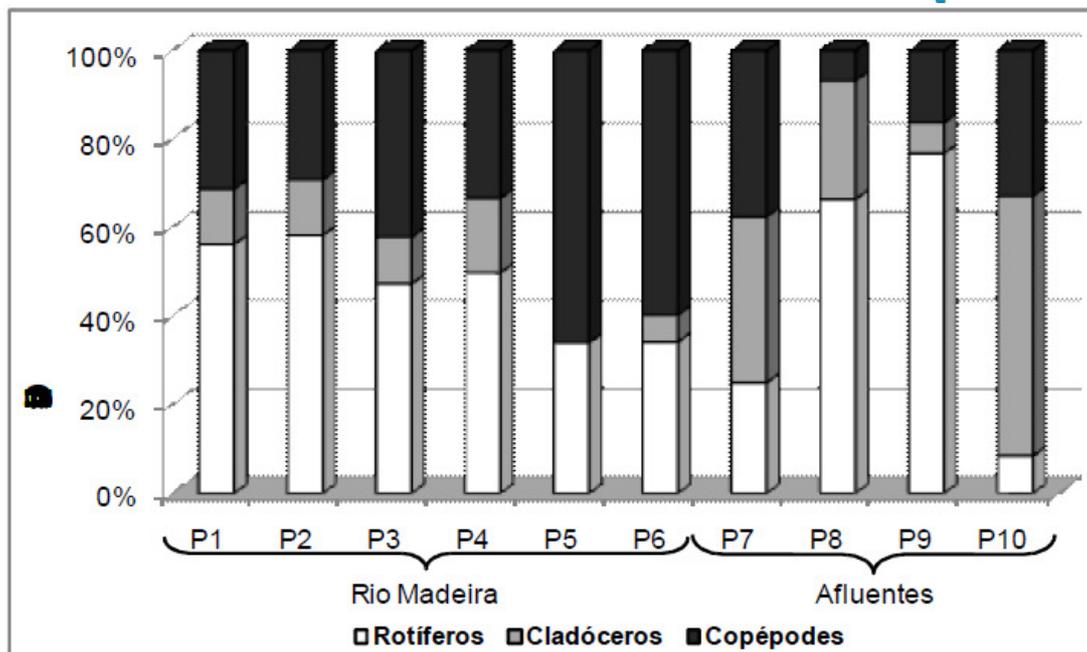
<i>Trichocerca elongata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
<i>Trichocerca</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0
<i>Trichotria tetractis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bdelloidea	0	111	83	19	18	44	0	19	463	222
<b>CLADOCERA</b>										
<i>Alona poppei</i>	0	0	0	0	0	0	111	56	0	56
<i>Bosminopsis deitersi</i>	44	56	28	19	0	0	0	0	0	2168
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	111
<i>Chydorus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diaphanosoma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	167
<i>Euryalona brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ilyocryptus spinifer</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ilyocryptus verrucosus</i>	0	0	0	0	0	0	1500	0	0	0
<i>Leydigiopsis curvirostris</i>	0	0	0	0	0	0	333	0	0	0
<i>Leydigiopsis megalops</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macrothrix triserialis</i>	0	0	0	0	0	0	722	0	0	111
<i>Macrothrix</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	19	139	0
<i>Moina minuta</i>	0	28	28	38	0	30	56	0	0	4333
<i>Oxirella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	111	0	0	0
<i>Sarsilatona</i> sp.	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0
<b>COPEPODA</b>										
Nauplio Cyclopoida	0	0	28	19	0	385	1111	0	185	1333
Copepodito Cyclopoida	0	28	56	56	46	89	1000	19	139	667
<i>Thermocyclops</i> sp.	22	83	28	0	56	74	56	0	0	500
<i>Microcyclops</i> sp.	44	28	0	19	9	30	611	0	0	278
Nauplio Calanoida	0	28	83	19	37	104	56	0	0	889
Copepodito Calanoida	44	28	28	0	9	44	0	0	0	0
<i>Notodiptomus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222
<b>Densidade (ind.m-3)</b>	<b>352</b>	<b>669</b>	<b>530</b>	<b>339</b>	<b>238</b>	<b>1216</b>	<b>7557</b>	<b>280</b>	<b>1995</b>	<b>11839</b>



**Figura 4.** Variação espacial da riqueza e da diversidade de espécies da comunidade zooplancônica no rio Madeira (P01 a P06) e em seus afluentes (P07 a P10), em janeiro de 2010.



**Figura 5.** Variação espacial da densidade total da comunidade zooplancônica no rio Madeira (P01 a P06) e em seus afluentes (P07 a P10), em janeiro de 2010.



**Figura 06:** Variação espacial da densidade relativa dos grupos zooplânctônicos no rio Madeira (P01 a P05) e em seus afluentes (P06 a P10), em janeiro de 2010.

#### 4.3. Zoobentos

No rio Madeira, foram registrados 04 (quatro) grupos taxonômicos: Diptera (47%), representado pelos Chironomidae (31%) e Ceratopogonidae (17%), Nematoda (21%), Oligochaeta (21%) e Trichoptera (10%), totalizando 11 táxons, incluindo 07 (sete) gêneros de Chironomidae (**Tabela 5** e **Figura 7**). A densidade oscilou entre a ausência de organismos na estação de coleta P3 a 300 ind/m<sup>2</sup> em P4. A riqueza, por sua vez, também foi maior em P4 (06 táxons), já a maior diversidade foi registrada em P5 (0,728 bits/ind).

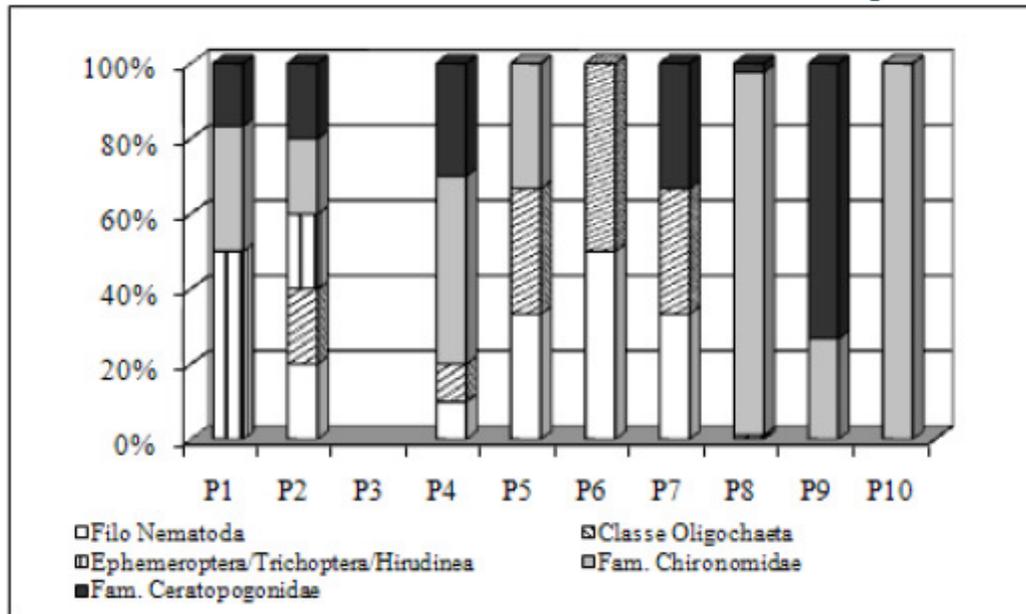
No sedimento do rio Madeira foi registrado um reduzido número de táxons, indicado pela baixa riqueza, bem como pela baixa densidade. Esses resultados, assim como a ausência de organismos em P3, provavelmente estiveram associados principalmente à vazão do rio Madeira no período de águas altas. Águas mais velozes transportam o sedimento com maior facilidade, o que torna difícil a colonização e a permanência de uma comunidade de macroinvertebrados bentônicos mais complexa. Outros fatores como o sedimento ser composto por partículas pequenas como silte e argila, tornando-o ainda mais instável devido à maior facilidade de carreamento, a ausência de zona fótica próximo ao

sedimento, bem como a distribuição agregada dos organismos também influenciaram os resultados obtidos.

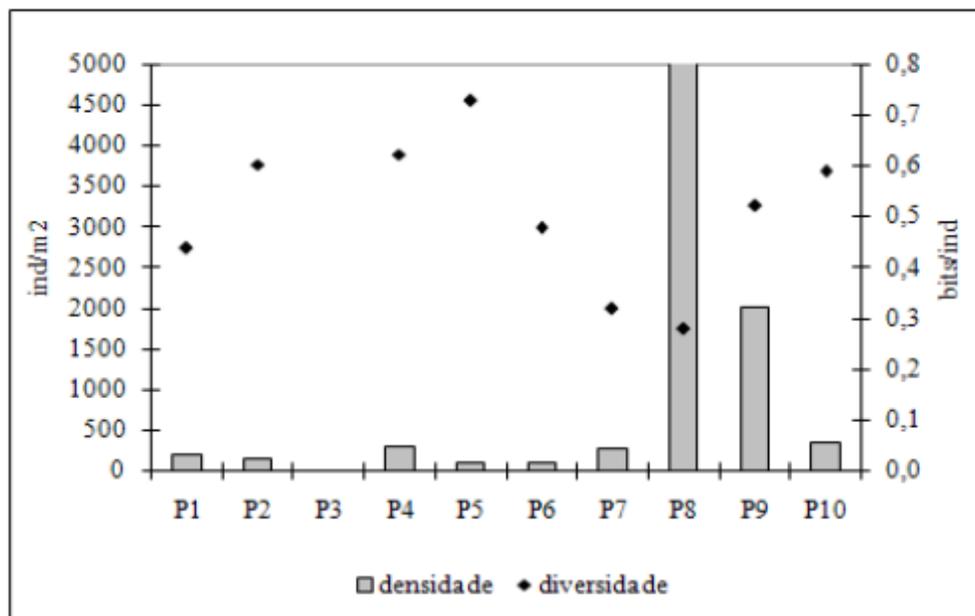
Nos afluentes do rio Madeira foram registrados 21 táxons, dentre esses 15 pertencentes à família Chironomidae. A comunidade foi composta por Dipteras, com domínio dos Chironomidae (91%), seguido por Ceratopogonidae (8%), Ephemeroptera/Polymitarciade (0,5%), Hirudínea (0,5%), Oligochaetas (0,3%) e Nematodas (0,3%) (**Figura 7**). A densidade oscilou entre 267 e 24.367 ind/m<sup>2</sup>, a riqueza entre 3 e 17 táxons e a diversidade entre 0,279 e 0,590 bits/ind (**Figura 8**).

Na estação de coleta P8, localizada a jusante do lançamento de efluente, foram registrados os maiores valores de densidade e riqueza e a menor diversidade. A elevada densidade e riqueza, provavelmente está relacionada com o aporte de nutrientes e matéria orgânica, uma vez o enriquecimento orgânico favorece o estabelecimento de um número maior de grupos taxonômicos, por aumentar a oferta dos recursos alimentares e favorecer a heterogeneidade de habitats. No entanto, a reduzida diversidade foi determinada pela elevada densidade de *Polypedilum* (21.533ind/m<sup>2</sup>). Organismos oportunistas e mais tolerantes a essa condição tendem a se proliferar com maior facilidade, como foi o caso dos gêneros de Chironomidae *Polypedilum* e *Chironomus*. O primeiro apresenta relativa resistência a condições adversas e é mais encontrado nas margens, em locais rasos e em sedimentos finos e ricos em matéria orgânica. O gênero *Chironomus* também é associado a essas condições, além de ser tolerante a baixos níveis de oxigênio.

Nos 02 (dois) ambientes avaliados os Chironomidae predominaram. Essa família é um importante componente da comunidade bentônica de sistemas lóticos, pois é capaz de colonizar grande variedade de biótopos e viver sob as mais diversas condições ambientais. Com isso, essas larvas geralmente dominam numericamente essa comunidade, como ocorreu no sedimento do rio Madeira e dos afluentes avaliados.



**Figura 7:** Composição e frequência relativa da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, amostrada no rio Madeira e afluentes, em janeiro de 2010.



**Figura 8:** Densidade e diversidade da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, amostrada no rio Madeira e afluentes, em janeiro de 2010.

Os resultados indicaram diferenças na comunidade de macroinvertebrados do sedimento do rio Madeira e dos afluentes que drenam a área de influência direta do canteiro de obras do AHE Jirau associadas às características naturais de hidrologia, qualidade da

água e tipo de sedimento. A exceção foi observada na estação de coleta P8, onde o índice de diversidade e o registro de elevada densidade de apenas um organismo podem ser considerados indicadores do enriquecimento orgânico causado pelo lançamento de efluente. Nas demais estações de coleta do rio Madeira e afluentes não foi possível observar alterações na comunidade de macroinvertebrados bentônicos relacionadas com as atividades de construção do AHE Jirau.

**Tabela V.** Composição taxonômica, frequência relativa (%), densidade total (ind/m<sup>2</sup>), diversidade (bits/ind) e riqueza taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, amostrados no rio Madeira e afluentes, em janeiro de 2010.

Táxons	Rio Madeira										Afluentes									
	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
	Freq. (%)	Ind/m <sup>2</sup>	Freq. (%)	Ind/m <sup>2</sup>	Freq. (%)	Ind/m <sup>2</sup>	Freq. (%)	Ind/m <sup>2</sup>	Freq. (%)	Ind/m <sup>2</sup>	Freq. (%)	Ind/m <sup>2</sup>	Freq. (%)	Ind/m <sup>2</sup>	Freq. (%)	Ind/m <sup>2</sup>	Freq. (%)	Ind/m <sup>2</sup>	Freq. (%)	Ind/m <sup>2</sup>
Filo Nematoda			25,0	33			11,1	33	33,3	33	100,0	100	12,5	33	0,1	33				
Filo Annelida																				
Classe Oligochaeta																				
Fam. Naididae													75,0	200	0,8	200	5,0	100	50,0	167
Fam. Tubificidae														0,3	67	1,7	33	20,0	67	
Fam. Enchytraeidae			25,0	33					33,3	33										
Classe Hirudinea																			10,0	33
Filo Arthropoda																				
Classe Insecta																				
Ordem Ephemeroptera																				
Fam. Polymitarcidae														0,8	200					
Ordem Trichoptera																				
Fam. Leptoceridae	50,0	100																		
Ordem Diptera																				
Fam. Chironomidae																				
Pupa														0,7	167					
Subfam. Chironominae																				
Tribo Chironomini																				
<i>Cladophlebia</i>														1,8	433	5,0	100			
<i>Polypedilum</i>														88,4	21533	6,7	133	10,0	33	
<i>Fissimorium</i>														0,1	33					
<i>Nilotanais</i>														0,3	67					
<i>Haemischia</i>							11,1	33						0,1	33					
<i>Cryptochironomus</i>							22,2	67						0,8	200					
<i>Apedilum</i>	33,3	67																		
<i>Pseudochironomus</i>																	1,7	33		
<i>Chironomus</i>														1,1	267	8,3	167			
<i>Zavreliella</i>																3,3	67			
Tribo Tanytarsini																				
<i>Tanytarsus</i>														1,5	367					
<i>Rheotanytarsus</i>														0,3	67					
Subfam. Tanypodinae																				
<i>Dyalmbaetisca</i>							11,1	33												
<i>Coelotanytus</i>							11,1	33						0,1	33					
<i>Labrundinia</i>														0,1	33					
<i>Ababesmyia</i>			25,0	33										0,3	67					
Subfam. Orthocladiini																				
<i>Cricotopus</i>									33,3	33									10,0	33
Fam. Ceratopogonidae	16,7	33	25,0	33			33,3	100					12,5	33	2,3	567	68,3	1367		
<b>Densidade</b>	<b>200</b>		<b>133</b>		<b>0</b>		<b>300</b>		<b>100</b>		<b>100</b>		<b>267</b>		<b>24367</b>		<b>2000</b>		<b>333</b>	
<b>Riqueza</b>	<b>3,0</b>		<b>4,0</b>		<b>0,0</b>		<b>6,0</b>		<b>3,0</b>		<b>1,0</b>		<b>3,0</b>		<b>17,0</b>		<b>8,0</b>		<b>5,0</b>	
<b>Diversidade</b>	<b>0,439</b>		<b>0,602</b>		<b>-</b>		<b>0,622</b>		<b>0,728</b>		<b>0,477</b>		<b>0,319</b>		<b>0,279</b>		<b>0,520</b>		<b>0,590</b>	

## 5. Considerações Finais

A avaliação das comunidades de fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos nos cursos d'água da área de influência direta do canteiro de obras do AHE Jirau indicaram, de maneira geral, que as maiores riquezas, diversidades e densidades foram observadas nos afluentes do rio Madeira. As características desse rio, especificamente a alta velocidade da corrente, a alta concentração de sólidos e a baixa disponibilidade de luz na massa d'água, foram os principais fatores limitantes ao estabelecimento do plâncton. Em relação a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, a principal limitação está associada à alta velocidade da água, que transporta o sedimento com maior facilidade, tornando difícil a colonização e a permanência dessa comunidade. Outros fatores como o sedimento ser composto por partículas pequenas como silte e argila, tornando-o ainda mais instável, devido à maior facilidade de carreamento, a ausência de zona fótica próximo ao sedimento, bem como a distribuição agregada dos organismos também influenciaram os resultados obtidos.

Quanto a possíveis modificações destas comunidades pelas atividades do canteiro de obras, observou-se somente uma redução nos atributos medidos das comunidades planctônicas no ponto P8 em relação ao ponto P7.

## 6. Bibliografia

- BARBOSA, F.A.R.; CALLISTO, M.; GALDEAN, N. **The diversity of benthic macroinvertebrates as na indicators of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil.** Sao Paulo: Aquatic Ecosystem Health & Management, 2000.
- BICUDO, C.E.M.; BICUDO, R.M.T. **Algas de Águas Continentais Brasileiras.** São Paulo: FUNBEC, 1970. 227 p.
- BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. (orgs.). **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil.** São Carlos: RiMa, 2005. 489 p.
- BICUDO, D.C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E.M.; FIGUEIREDO, D.M.; LIMA, D. Ficoflora do Pantanal de Pocone, Estado de Mato Grosso, Brasil: Centrales e Eunotiaceae (Bacillariophyceae). **Hoehnea**, v. 22, p. 165-182, 1995.
- BOURRELLY, P. **Les algues d'eau douce initiation à la systématique.** Vol. 3. Paris: N. Boubée, 1970. 512p.

- COFFMAN, W.P. Conclusions – ecological diversity of the Chironomidae. In: ARMITAGE, P.D.; CRASTON, P.S.; PINDER, L.C.V (Eds.) **The Chironomidae: biology and ecology of nonbiting midges**. London, New York: Chapman & Hall, 1995. 572p.
- COESEL, P. F. M. Biogeography of Desmids. **Hydrobiologia**, v. 336, p. 41-53, 1996.
- DE-LAMONICA-FREIRE, E.M. **Desmidioflórula da Estação Ecológica da ilha de Taiaã, Município de Cáceres , MT**. 1985. 322 p. (Doutorado em Ciências) Univ. de Sao Paulo, São Paulo, SP, 1985.
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. **Manual de identificação de Cladóceros límnicos do Brasil**. Brasília: Universa, 1997. 155p.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 2a ed. 602 p.
- GENTIL, R.C.; TUCCI, A.; SANT'ANNA, C.L. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano estrófico em São Paulo, SP. **Hoehnea**, v. 35, n. 2, p. 265-280, 2008.
- HUSZAR, V.L.M.; SILVA, L.H.S. Cinco décadas de estudos sobre a ecologia do fitoplankton no Brasil. Rio de Janeiro, SBL. **Limnotemas**, v. 2, p. 1-22, 1999.
- KRAMMER, K.; LANGE-BERTALOT. **Süwasserflora von Mitteleuropa**. 2/4. 4 Teil: Achnanthaceae und Gomphonema. Germany: Gustav Fischer Verlag, 1991.
- KOSTE, W. **Rotatoria**. Die radertiere nitteleuropas-II Tafelband. Berlin: Gebruder Borntrager, 1978. 2341p.
- LUND, J.W.G.; KIPLING, C.; LECREN, E.D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, p. 143-170, 1958.
- McCAFFERTY, W. P. **Aquatic Entomology** - The Fishermans'and Ecologists' illustrated guide to insects and their relatives. Porto Valley, Boston: Jones and Barlett publisher, Inc., 1981. 448p.
- MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. Kendall/Hunt Publishing Company, 1996. Third Edition. 398 p.
- NISSIMIAN, J.L.; CARVALHO, A.L. **Ecologia de insetos Aquáticos**. Rio de Janeiro: PPGEUFRJ, Series Oecologia Brasiliensis. 1998.

- PAGGI, S. Rotifera. In: LOPRETTO, E.C.; TELL, G. (eds). **Ecossistemas de águas continentales**. Metodologias para su estudio. La Plata: II Ediciones Sur, 1995. p. 643-667.
- REID, J.W. Chave de identificação para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). **Bol. Zool. Universidade São Paulo**, v. 9, p. 17-143, 1985.
- REYNOLDS, C.S. River Plankton: The Paradigm Regained. In: HARPER, D.M.; FERGUSON, A.J.D. (eds). **The Ecological Basis for River Management**, Wiley, Chichester, 1995. p. 161-174.
- REYNOLDS, C.S. *et al.* Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **J. Plank. Res.**, v. 24, p. 417-428, 2002.
- REYNOLDS, C.S.; HUSZAR, V.; KURK, C.; NASELLI-FLORES, L.; MELO, S. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **J. Plank. Res.**, v. 24, p. 417-428, 2002.
- SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.; AGUJARO, L.F.; CARVALHO, M.C.; CARVALHO, L.R.; SOUZA, R.C.R. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Editora Interciência, 2006. 58p.
- TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Díptera) do estado de São Paulo**. Guia de identificação e diagnose dos gêneros. São Carlos: Programa de Pós- Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos. 1995.
- UHELINGER, V. Etude statistique des methodes de dénombrement planctonique. **Arch. Sci.**, v. 17, n. 2, p. 121-223, 1964.
- UTERMOHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. **Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.**, v. 9, p. 1-38, 1958.