

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE RONDÔNIA



# RELATÓRIO 6º. TRIMESTRE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

UNIR

## Hidrobiogeoquímica do Mercúrio e Outros Metais Pesados no Rio Madeira - UHE Santo Antônio

Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL**  
Wolfgang C. Pfeiffer

<http://www.biogeoquimica.unir.br>

Setembro/2010

**Coordenação:**

Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos ([bastoswr@unir.br](mailto:bastoswr@unir.br))

**Equipe Ambiental:**

Dr. Márcio Rodrigues de Miranda (UFRJ/UNIR)  
MSc. Ronaldo de Almeida (UNIR/UFRJ)  
MSc. Elisabete Lourdes Nascimento (UNIR/UFRJ)  
MSc. Roberta Carolina F. Galvão (UNIR)  
MSc. Juliana Moreira de Menezes (UNIR)  
Biol. Dario Pires de Cavalho (Mestrando/UNIR)  
Biol. Igor Bruno Barboza de Holanda (Mestrando/UNIR)  
Biol. Marília Higino Mussu (Mestranda/UNIR)  
Biol. Maria Thereza Souza Bastos (UNIR)  
Quím. Leidiane Caroline Lauthartte (Mestranda/UNIR)  
Quím. Maria Cristina Nery do Nascimento (UNIR)  
Quím. Victor Luís de França Machado (Mestrando/UNIR)  
Charlliene Lima da Silva (Iniciação Científica/UNIR)  
Júlia Yuones Herrmann (Iniciação Científica/UNIR)  
Lauana Almeida Neres (Iniciação Científica/UNIR)  
Lury Leitão Bernardino (Iniciação Científica/UNIR)  
Tieme Ezita Miranda da Silva (Iniciação Científica/UNIR)  
Clénia Rodrigues de Oliveira (Auxiliar de Laboratório/UNIR)  
Francisco Martho Nogueira Militão Junior (Agente Administrativo/UNIR)

**Consultores:**

Dr. Olaf Malm (UFRJ)  
Dr. Jean Remy Davee Guimarães (UFRJ)  
Dr. Ene Glória da Silveira (UNIR)  
Biol. Ricardo José Bastos Guimarães (UFRJ)  
Biol. Levi Ribeiro de Amorim (UFRJ)

Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL**  
Wolfgang C. Pfeiffer

## 1 APRESENTAÇÃO

O presente relatório, referente ao 6º. Trimestre do contrato UNIR/RIOMAR/MESA 005/2009, tem por objetivo apresentar os resultados do monitoramento das concentrações de metais pesados, com ênfase ao mercúrio, nas amostragens bióticas e abióticas realizadas no período de Julho a Setembro/2010.

As atividades realizadas tiveram como objetivo coletar e analisar as amostras abióticas (água, sedimento de fundo, material particulado e solos) e bióticas (plânctons, macrófitas, invertebrados aquáticos e peixes) nas áreas indicadas no PBA Santo Antônio.

A amostragem compreendeu o estudo de mercúrio (Hg), além de outros elementos químicos (Fe, Zn, Cd, Cr, Cu, Mn, Co, Ni e Pb), nas matrizes bióticas e abióticas que continuam em processo de análises no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer/UNIR. Todas essas atividades estão em cumprimento ao que dispõe a LICENÇA PRÉVIA Nº 251/2007 nos itens 2.7 e 2.8 relacionado ao estudo do Programa de Hidrobiogeoquímica do Mercúrio no Rio Madeira - UHE Santo Antônio.

As atividades mencionadas foram e estão sendo realizadas para estabelecer parâmetros de comparação na medida em que houver mudança na dinâmica do mercúrio e outros elementos químicos logo após o início das obras do empreendimento. Desta forma apresentamos as principais atividades e resultados obtidos no 6º Trimestre desse projeto de pesquisa. Este relatório é apresentado na forma de capítulos divididos por cada matriz ambiental estudada.



Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL**  
Wolfgang C. Pfeiffer

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

➤ Efetuar monitoramento ambiental no pré-enchimento do Reservatório de Santo Antonio determinando as concentrações de poluentes organo-metálicos, a exemplo do mercúrio.

### 2.2 Específicos

- Quantificar os teores de mercúrio total (Hg-T) e metil-mercúrio (MeHg) em matrizes ambientais;
- Quantificar os corpos d'águas da área de estudo quanto às principais variáveis físico-químicas;
- Quantificar as concentrações de elementos químicos (Pb, Cd, Cr, Zn, Mn, Fe, Co e Ni) nos compartimentos ambientais bióticos e abióticos;
- Identificar áreas potenciais de metilação do mercúrio;
- Promover treinamento na identificação, manipulação e armazenamento do mercúrio metálico aos responsáveis da construção civil da obra na etapa de movimentação de terras.
- Estruturar bancos de dados georreferenciados das matrizes bióticas e abióticas;
- Utilizar métodos estatísticos univariados, multivariados e geoestatísticos como ferramenta para o monitoramento do mercúrio durante a fase de pré-enchimento visando sua capacidade mitigadora e preditiva.



Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL**  
Wolfgang C. Pfeiffer

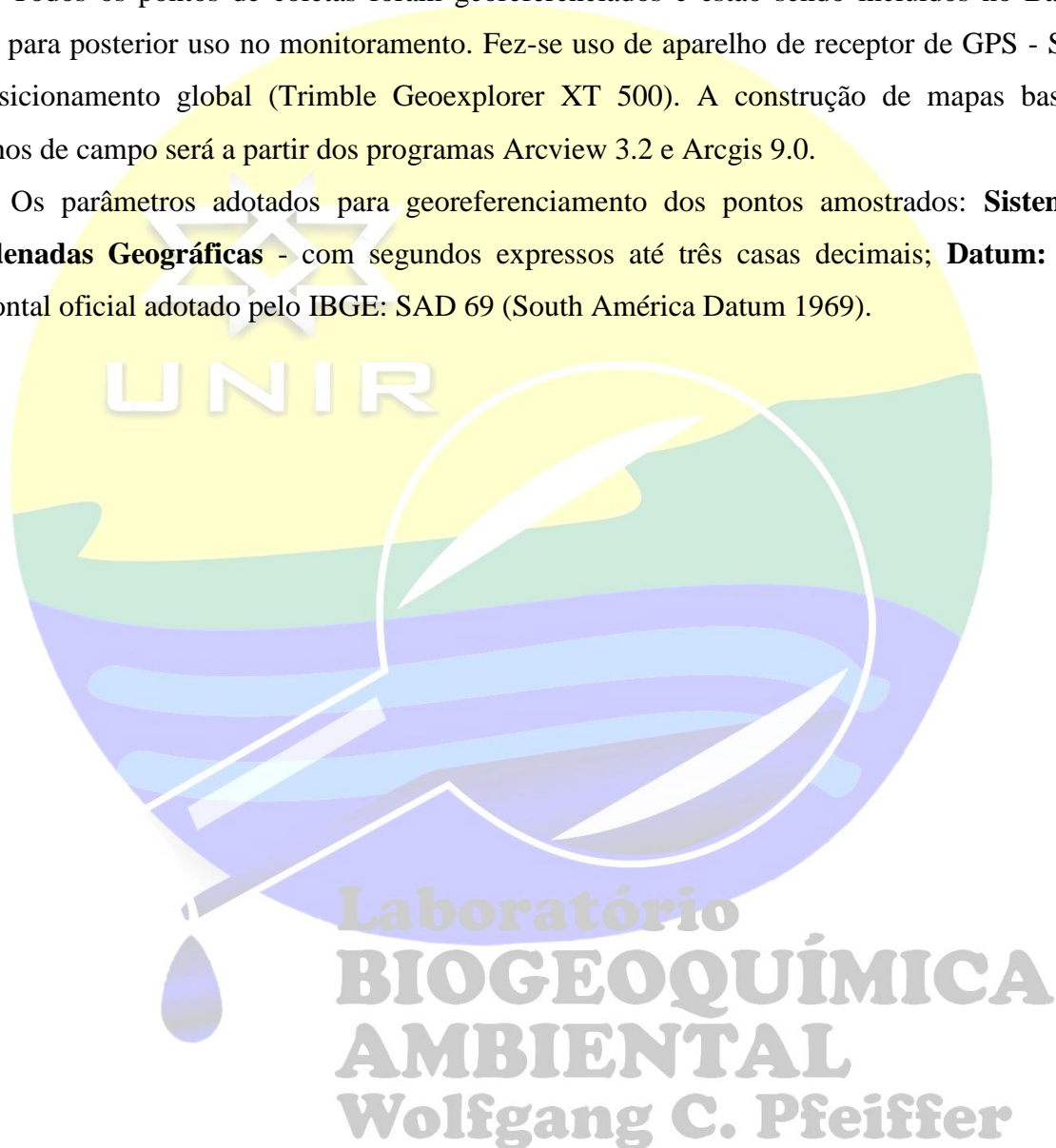
### 3 ÁREA DE ESTUDO

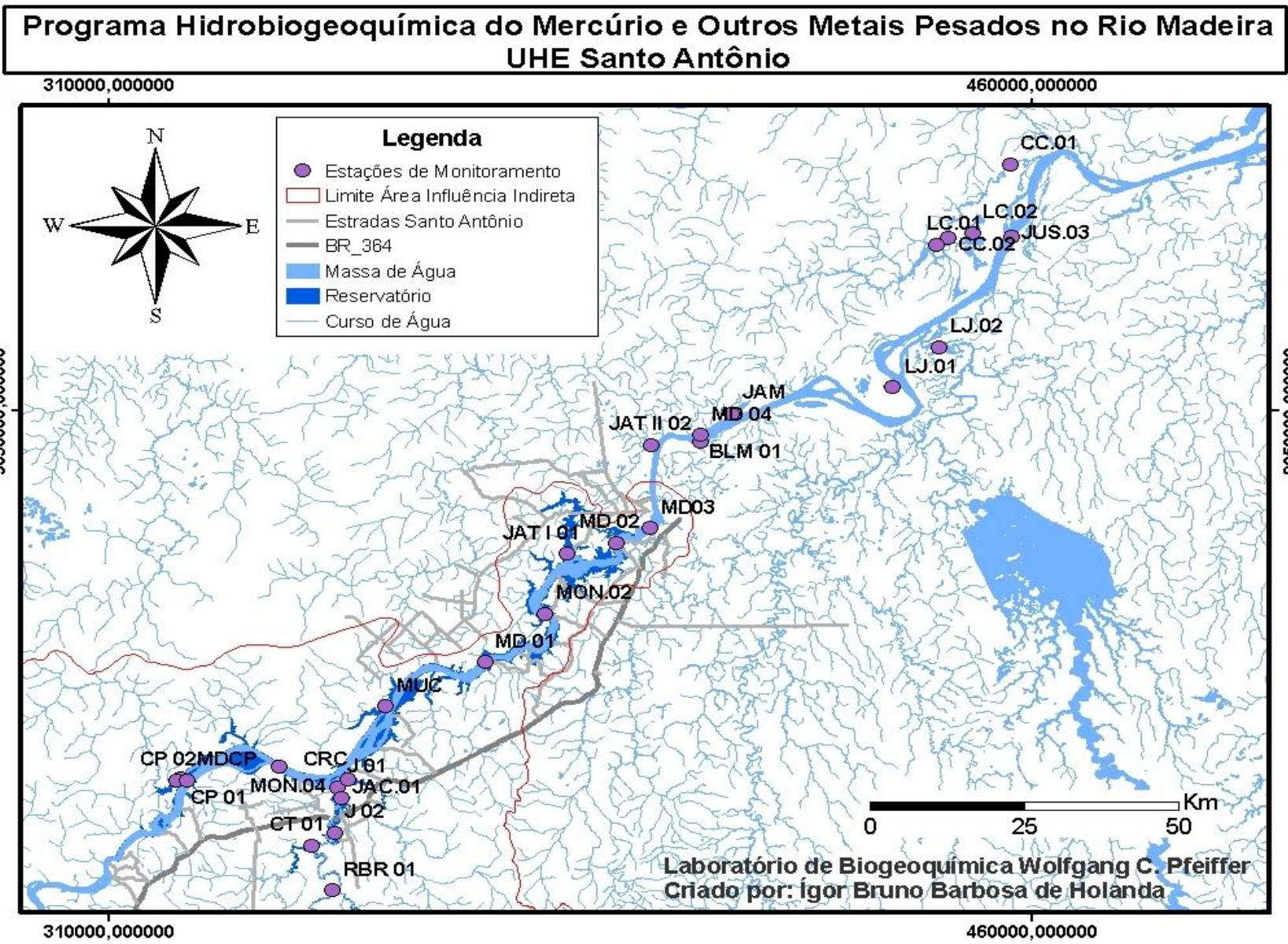
A área em estudo compreende trechos a montante e jusante da área considerada de influência do aproveitamento hidrelétrico de Santo Antônio (Figura 1).

A escolha das estações de coletas na área de estudo compreende primeiramente as áreas indicadas no EIA-RIMA como áreas com potencial para organificação de Hg. Além destas áreas, as amostragens se estenderam as outras estações de coletas apresentadas na figura 1 e na tabela 1.

Todos os pontos de coletas foram georeferenciados e estão sendo incluídos no Banco de Dados para posterior uso no monitoramento. Fez-se uso de aparelho de receptor de GPS - Sistema de Posicionamento global (Trimble Geoexplorer XT 500). A construção de mapas base para trabalhos de campo será a partir dos programas Arcview 3.2 e Arcgis 9.0.

Os parâmetros adotados para georeferenciamento dos pontos amostrados: **Sistemas de Coordenadas Geográficas** - com segundos expressos até três casas decimais; **Datum:** Datum Horizontal oficial adotado pelo IBGE: SAD 69 (South América Datum 1969).





**Figura 1.** Área de estudo no Rio Madeira evidenciando as estações de monitoramento.

**Tabela 1.** Localização das estações de monitoramento com as coordenadas geográficas em UTM e código das amostras.

Código das Estações de Monitoramento	Coordenadas: UTM/Datum: Sad 69/ Zona: 20L		Descrição das Estações de Monitoramento
	Longitude	Latitude	
BLM 01	406273,967	9044400,601	Igarapé Belmont
CP 01	321618,051	8983355,312	Primeira Estação do Rio Caripunas
CP 02	321048,621	8982950,455	Segunda Estação do Rio Caripunas
CT 01	342919,204	8971136,310	Rio Contra
J 01	347109,686	8981698,192	Rio Jací-Parana
J 02	346781,596	8973505,777	Meandro do Rio Jací-Parana
JAT I 01	384539,715	9024006,687	Rio Jatuarana I
JAT II 01	398124,206	9043686,424	Rio Jatuarana II
MD 01 c	371247,682	9004371,914	Centro do Rio Madeira Próximo às Corredeiras do Morrinho
MD 01 d	371857,628	9004062,776	Margem Direita do Rio Madeira Próximo às Corredeiras do Morrinho
MD 01 e	370825,017	9004875,974	Margem Esquerda do Rio Madeira Próximo às Corredeiras do Morrinho
MD 02 c	392579,799	9025917,021	Centro do Rio Madeira à Montante de Santo Antonio
MD 02 d	392969,560	9025859,343	Margem Direita do Rio Madeira à Montante de Sto Antonio
MD 02 e	392009,605	9026026,354	Margem Esquerda do Rio Madeira à montante de Sto Antonio
MD 03 c	398060,995	9028624,335	Centro do Rio Madeira à Jusante de Santo Antônio
MD 03 d	398297,548	9028324,917	Margem Direita do Rio Madeira à Jusante de Santo Antônio
MD 03 e	397742,539	9028988,359	Margem Esquerda do Rio Madeira à Jusante de Santo Antônio
MD 04 c	406280,354	9045466,597	Centro do Rio Madeira à Jusante de Santo Antônio em Frente ao Igarapé Belmont
MD 04 d	406654,284	9044698,531	Margem Direita do Rio Madeira à Jusante de Santo Antônio em Frente ao Igarapé Belmont
MD 04 e	405931,343	9045982,887	Margem Esquerda do Rio Madeira à Jusante de Santo Antônio em Frente ao Igarapé Belmont
MDCP c	322645,757	8982927,388	Centro do Rio Madeira Próximo ao Rio Caripunas à Montante de Sto Antônio
MDCP d	323530,105	8982763,213	Margem Direita do Rio Madeira Próximo ao Rio Caripunas à Montante de Sto Antônio
MDCP e	321891,249	8983259,754	Margem Esquerda do Rio Madeira Próximo ao Rio Caripunas à Montante de Sto Antônio

continuação

Código das Estações de Monitoramento	Coordenadas: UTM/Datum: Sad 69/ Zona: 20L		Descrição das Estações de Monitoramento
	Longitude	Latitude	
RBR 01	346294,888	8963076,064	Rio Branco
MON.04	337644,209	8985604,160	Rio Madeira, cerca de 10km à montante da foz do rio Jaciparaná
JAC.01	347854,513	8979745,398	Rio Jaciparaná, cerca de 4km à montante de sua foz
CRC	348959,069	8983085,517	Rio Caracol, cerca de 1km à montante de sua foz
MUC	355055,982	8996406,935	Rio Mucuí, margem esquerda do rio Madeira
MON.02	380990,093	9013074,405	Rio Madeira, cerca de 10km à montante da Cachoeira de Teotônio
JAM	411313,267	9049368,889	Rio Jamarí, cerca de 10km à montante de sua desembocadura no rio Madeira
LJ.01	437489,779	9054141,675	Lago de jusante, cerca de 33 Km à jusante da Cachoeira de Santo Antônio
LJ.02	445013,860	9061446,853	Lago de jusante, cerca de 70 Km à jusante da Cachoeira de Santo Antônio
JUS.03	456786,590	9081491,730	Rio Madeira, cerca de 20km à jusante da desembocadura do rio Jamarí
CC.01	456523,281	9094430,811	Canal Cuniã, cerca de 10km à montante da foz do canal do lago
CC.02	446412,536	9081241,608	Canal Cuniã, cerca de 42km à montante da foz do canal do lago
LC.01	444580,760	9079905,869	Lago Cuniã, cerca de 2,5km à montante de CC.02
LC.02	450429,046	9082089,966	Lago Cuniã, cerca de 6,5km à montante de CC.02



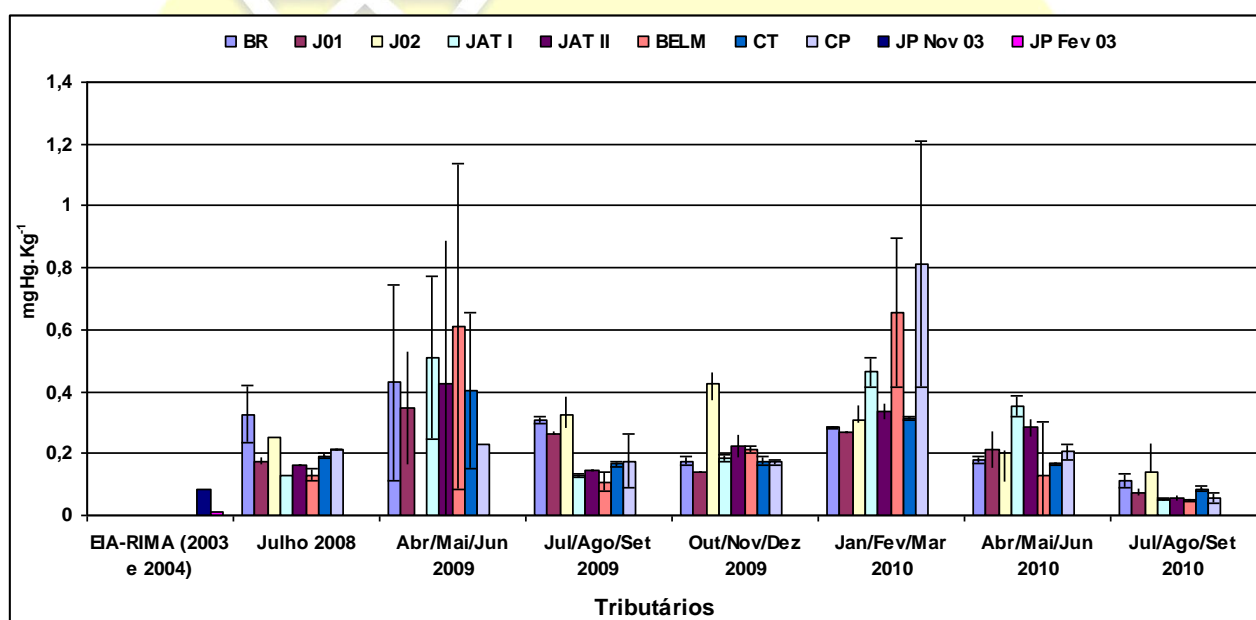
Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL**  
Wolfgang C. Pfeiffer



## CAPITULO I

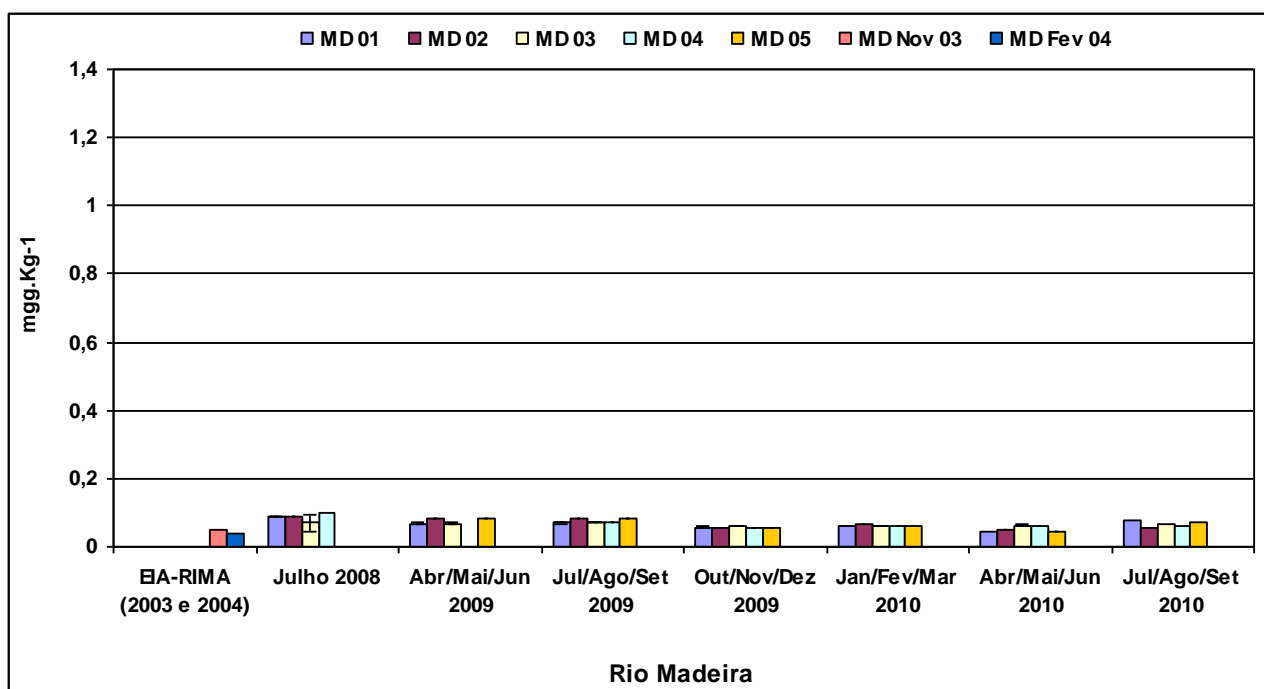
### I.1. Material Particulado em Suspensão (MPS)

Com relação aos níveis de Hg no material particulado em suspensão (MPS), os maiores valores foram encontrados nos principais tributários do rio Madeira (Figura I.1) quando comparados ao rio principal (Figura I.2). Foi possível observar também, que as concentrações de mercúrio nos tributários, acompanharam o ciclo hidrológico da região, sendo os maiores valores verificados no período de cheia (abril, maio e junho/09 e janeiro, fevereiro e março/10). O Igarapé Belmont e o rio Caripunas apresentaram os maiores níveis de Hg no MPS neste período.



**Figura I.1.** Concentração média de Hg ( $\text{mg Hg.kg}^{-1}$ ) e desvio padrão no material particulado em suspensão nos tributários estudados referentes ao encontrado no EIA-RIMA (2003 e 2004), em campanha realizada em junho de 2008 e nos quatro trimestres estudados até o presente momento.

No rio Madeira, além dos valores de Hg no MPS (Figura I.2) estarem bem abaixo dos valores encontrados nos tributários, estes valores não foram influenciados pelo ciclo hidrológico da região, ou seja, as concentrações de Hg se mantem sem variabilidade espacial e sazonal.



**Figura I.2.** Concentração média de Hg ( $\text{mg Hg.kg}^{-1}$ ) e desvio padrão no material particulado em suspensão no rio Madeira, referentes aos valores encontrados no EIA-RIMA (2003 e 2004), em campanha realizada em julho de 2008 e nos quatro trimestres estudados até o presente momento.

A concentração dos elementos-traço Fe, Mn, Zn, Cd, Co, Cu, Cr, Ni e Pb tanto no material particulado em suspensão quanto no plâncton, apresentaram neste 6º trimestre o mesmo padrão encontrado nos trimestres anteriores, merecendo destaque os elementos ferro e manganês que estão relacionados aos tipos de solos da bacia de drenagem, onde prevalece a classe dos latossolos.

Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
 AMBIENTAL**  
 Wolfgang C. Pfeiffer

## CAPITULO II

### II.1 Água (AG)

A seguir na tabela II.1 são apresentados os resultados de chumbo, cádmio, zinco, cromo, cobre, cobalto, ferro, manganês e níquel na água total (água não filtrada). Para nível de comparação encontram-se na tabela citadas os valores estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução 357 de 17 de março de 2005.

Ao se comparar os resultados obtidos até o momento com os valores preconizados pela resolução CONAMA-357, foi possível verificar que os elementos cádmio, zinco, cromo, cobalto e níquel, apresentaram concentrações abaixo às preconizadas por esta resolução, com exceção apenas dos elementos chumbo, cobre, ferro e manganês, que tiveram concentrações mais elevadas. Esse fato pode estar relacionado à composição natural do solo da bacia de drenagem em que estes elementos são constituintes importantes.

**Tabela II.1.** Concentração de Pb, Cd, Zn, Cr, Cu, Co, Fe, Mn e Ni encontrados na fração água Total no rio Madeira e seus tributários referentes ao 6º trimestre.

Localidade	Pb mg.L <sup>-1</sup>	Cd mg. L <sup>-1</sup>	Zn mg. L <sup>-1</sup>	Cr mg. L <sup>-1</sup>	Cu mg. L <sup>-1</sup>	Co mg. L <sup>-1</sup>	Fe mg. L <sup>-1</sup>	Mn mg. L <sup>-1</sup>	Ni mg. L <sup>-1</sup>
RB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CP	<0,0005	<0,0001	0,0020	<0,0001	0,0031	<0,0001	<b>1,0630</b>	0,0130	<0,0001
JP 01	0,0060	<0,0001	0,0926	<0,0001	0,0065	<0,0001	<b>0,6920</b>	0,0241	<0,0001
JP 02	<0,0005	<0,0001	0,0033	<0,0001	0,0027	<0,0001	<b>0,5560</b>	0,0102	<0,0001
JAT 01	<b>0,0130</b>	<0,0001	0,0354	0,0086	<b>0,0214</b>	0,0081	<b>20,5580</b>	<b>0,3763</b>	0,0113
JAT 02	<b>0,0131</b>	<0,0001	0,1111	0,0087	<b>0,0316</b>	0,0069	<b>17,1380</b>	<b>0,5004</b>	0,0113
BELM	<b>0,0132</b>	<0,0001	0,0592	0,0080	0,0009	0,0083	<b>20,5500</b>	<b>0,5948</b>	0,0090
CT	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MD 01	<0,0005	<0,0001	0,0270	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<b>0,3010</b>	0,0306	<0,0001
MD 02	0,0027	<0,0001	0,0404	0,0060	0,0030	<0,0001	<b>4,6370</b>	0,0972	<0,0001
MD 03	<b>0,0139</b>	<0,0001	0,0634	0,0090	0,0076	<0,0001	<b>5,3120</b>	0,0157	<0,0001
MD 04	0,0028	<0,0001	0,0170	<0,0001	<b>0,0199</b>	<0,0001	<b>3,6630</b>	0,0762	0,0015
MD05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*CONAMA	<b>0,0100</b>	<b>0,0010</b>	<b>0,1800</b>	<b>0,0500</b>	<b>0,0090</b>	<b>0,0500</b>	<b>0,3000</b>	<b>0,1000</b>	<b>0,0250</b>

\*Resolução CONAMA357/2005

### II.2 Metil-Mercúrio na Água (MeHg)

#### Análise de metilmercúrio total (MeHgT) e metilmercúrio dissolvido (MeHgD)

As amostras de água filtradas e não filtradas foram analisadas para MeHg após a destilação, separação por cromatografia (CG) e detecção por fluorescência atômica (AFS). Os protocolos de destilação e análise das amostras foram baseados nos métodos desenvolvidos por Bloom & Fitzgerald (1988) e EPA (2001), para análise de Metilmercúrio na água total (MeHgT) e metilmercúrio dissolvido (MeHgD). Duas alíquotas de 50ml de cada amostra foram submetidas a destilação em bloco de alumínio (*DMS Brooks Rand Lab*) a 125°C com fluxo constante de N<sub>2</sub> por 5

horas. Cerca de 40ml de cada alíquota é destilada após adição de 200µl de pirrolidina ditiocarbamato de amônio (APDC), como agente de complexação. A alíquota é destilada em frasco de PTFE marca Savillex.

Após destilação as amostras são transferidas para frasco âmbar 40ml, adiciona-se 200µl de solução *buffer* para ajuste do pH para 4,9, posteriormente faz-se a etilação aquosa das amostras com adição de 50µl do agente derivatizante NaBEt<sub>4</sub>. As amostras são em seguida analisadas por CG-AFS (*MERX™ Automated Methyl Mercury Analytical System – Brooks Rand*) no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental WCP/UNIR.

Os dados apresentados nas tabelas II.2 e II.3 são dados preliminares de MeHgT e MeHgD na água do rio Madeira e afluentes. As coletas foram realizadas em Maio de 2010 e Agosto de 2010. As tabelas II.2 e II.3 apresentam os dados para MeHgT e MeHgD na água nas estações de monitoramento na área de influencia da UHE- Santo Antonio nos períodos de Maio e Agosto, respectivamente.

A tabela II.4 apresenta os valores máximos e mínimos de MeHg em ng.l<sup>-1</sup> do rio Madeira e seus afluentes e estudos realizados em outros sistemas aquáticos. Os afluentes do rio Madeira apresentam valores médios de Hg superiores aos encontrados no rio Madeira. Estes valores médios são influenciados por ambientes mais lênticos identificados nos afluentes. Como exemplo, o Lago Madalena (JP02) no rio Jaci Paraná, igarapé Jatuarana I que durante o período de amostragem apresentava fluxo de água diminuído durante o período final de vazante (Maio, 2010) dos igarapés. Durante o período de águas baixas observa-se na tabela II.2 que ocorre decréscimo dos valores de metilmercúrio nos afluentes e no rio Madeira.



Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL**  
Wolfgang C. Pfeiffer

**Tabela II.2.** Metilmercúrio na água total (MeHgT), água filtrada (MeHgD) e relação de metilmercúrio na água filtrada e metilmercúrio dissolvido na água nas estações de coletas da UHE - Santo Antonio, fase pré-enchimento, maio de 2010.

<b>Registro Laboratório</b>	<b>Localidades</b>	<b>MeHg-T (ng.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>MeHg-D (ng.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>MeHg-D/MeHg-T (%)</b>
AGJP 16152	JP01=Jaci Paraná	0,072	0,040	55,8
AGJP 16157	JP02 = Jaci Paraná/Lago Madalena	0,130	0,056	43,0
AGRB 16154	RB01=Rio Branco	0,051	0,026	51,6
AGMD 16163	MDCP=Rio Madeira/Foz rio Caripunas	0,061	0,075	123,8
AGMD 16167	MD01=Rio Madeira/Cachoeira dos Morrinhos	0,068	0,051	75,1
AGMD 16214	MD02=Rio Madeira/Montante Santo Antonio	0,049	0,051	103,9 <sup>a</sup>
AGMD 16224	MD03=Rio Madeira/Jusante Santo Antonio	0,053	0,049	93,0
AGMD 16245	MD04=Rio Madeira/Jusante Santo Antonio	0,057	0,042	74,1
AGCP 16165	CP01=Rio Caripunas	0,046	0,028	62,2
AGJT 16215	JTI=Igarapé Jatuarana/Montante Santo Antonio	0,339	0,161	47,6
AGJTII 16226	JTII= Igarapé Jatuarana II/Jusante Santo Antonio	0,140	0,064	46,2
AGCT 16169	CT01=Rio Contra	0,049	0,032	65,6
AGIB 16244	BLM01=Igarapé Belmonte/Jusante Santo Antonio	0,409	0,159	38,8

*Erro analítico <sup>a</sup>*

**Laboratório  
BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL  
Wolfgang C. Pfeiffer**

**Tabela II.3.** Metilmercúrio na água total (MeHgT), água filtrada (MeHgD) e relação de metilmercúrio na água filtrada e metilmercúrio dissolvido na água nas estações de coletas da UHE - Santo Antonio, fase pré-enchimento, Agosto de 2010.

<b>Registro Laboratório</b>	<b>Localidades</b>	<b>MeHg-T (ng.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>MeHg-D (ng.l<sup>-1</sup>)</b>	<b>MeHg-D/MeHg-T (%)</b>
AGJP 18450	JP01=Jaci Paraná	0,043	0,021	48,8
AGJP 18451	JP02 = Jaci Paraná/Lago Madalena	0,026	0,014	53,8
AGRB 18452	RB01=Rio Branco	0,037	0,023	62,2
AGMD 18464	MDCP=Rio Madeira/Foz rio Caripunas	0,030	0,026	86,7
AGMD 18465	MD01=Rio Madeira/Cachoeira dos Morrinhos	0,053	0,047	88,7
AGMD 18472	MD02=Rio Madeira/Montante Santo Antonio	0,042	0,022	52,4
AGMD 18476	MD03=Rio Madeira/Jusante Santo Antonio	0,069	0,044	63,8
AGMD 18479	MD04=Rio Madeira/Jusante Santo Antonio	0,049	0,038	77,6
AGCP 18463	CP01=Rio Caripunas	0,033	0,029	87,9
AGJT 18473	JTI=Igarapé Jatuarana/Montante Santo Antonio	0,031	0,017	54,8
AGJTII 18483	JTII= Igarapé Jatuarana II/Jusante Santo Antonio	0,085	0,051	60,0
AGCT 18453	CT01=Rio Contra	0,061	0,020	32,8
AGIB 18482	BLM01=Igarapé Belmonte/Jusante Santo Antonio	0,084	0,016	19,0

**Laboratório  
BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL  
Wolfgang C. Pfeiffer**

O igarapé Belmont apresenta os maiores valores de MeHg 0,46 ng de MeHg.l<sup>-1</sup> na água no período de vazante. Durante o período de seca os valores dos afluentes e rio Madeira são muito próximos tanto na fase dissolvida como na água total tabela II.4. A fração de MeHg na água total apresentam os maiores valores no igarapé Belmont. A bacia do igarapé Belmont é altamente impactada pelo desenvolvimento urbano e agrícola do Município de Porto Velho. De acordo com Menezes (2007) apenas 45% da bacia do igarapé Belmont apresentava cobertura vegetal original. Atividades como terraplanagem e arruamentos modificam seu curso superior o que causou o afogamento dos canais de drenagem de pequenos igarapés, que já estão transformados em canais de esgotos a céu aberto. Ressalta-se ainda que cerca de 21% da população de Porto Velho residem nesta micro bacia hidrográfica (MENEZES, 2007). As variações de MeHg tanto na água total como na fração dissolvida deve-se aos processos de ocupação humana e das características fisiográficas de cada bacia hidrográfica.

**Tabela II.4.** Comparação das concentrações de Metilmercúrio em água (ng.l<sup>-1</sup>) filtrada e não filtrada dos rio Madeira e seus afluentes e outros estudos (<sup>a</sup>dados deste estudo).

Localização do Estudo	MeHg	MeHg (ng.l <sup>-1</sup> ) min-max	Referência
Afluentes (alto rio Madeira)	MeHgT	0,046 - 0,409	Maio, 2010 <sup>a</sup>
Afluentes (alto rio Madeira)	MeHgT	0,026 - 0,085	Agosto, 2010 <sup>a</sup>
Afluentes (alto rio Madeira)	MeHgD	0,026 - 0,161	Maio, 2010 <sup>a</sup>
Afluentes (Alto Madeira)	MeHgD	0,014 - 0,051	Agosto, 2010 <sup>a</sup>
Rio Madeira (Alto Madeira)	MeHgT	0,049 - 0,068	Maio, 2010 <sup>a</sup>
Rio Madeira (Alto Madeira)	MeHgT	0,031 - 0,069	Agosto, 2010 <sup>a</sup>
Rio Madeira (Alto Madeira)	MeHgD	0,042 - 0,075	Maio, 2010 <sup>a</sup>
Rio Madeira (Alto Madeira)	MeHgD	0,017 - 0,044	Agosto, 2010 <sup>a</sup>
Everglades (Período de seca)	MeHgT	0,035 - 3,800	Liu et al 2008
Everglades (Período de cheia)	MeHgT	0,038 - 2,800	Liu et al 2008
Rio Madeira (Baixo Madeira)	MeHgT	0,610 - 1,825	Bozongo et al 2002
Rio Madeira (Baixo Madeira)	MeHgD	0,300 - 0,647	Bozongo et al 2002
Rio Tapajós (Área de inundação periódica)	MeHgD	0,010 - 0,040	Roulet et al 2000
Quebec, Canadá	MeHgT	0,070 - 0,090	Schetagne et al 2000
Quebec, Canadá	MeHgD	0,010 - 0,080	Montgomery et al 2000

O rio Branco, por exemplo, apresenta águas brancas, transporte de material orgânico grosseiro e material inorgânico particulado, entorno bastante preservado. O rio Contra é rio de águas claras e com forte correnteza. O rio Jaci Paraná é principal afluente do rio Madeira na área de estudo, apresenta águas claras e recebe águas dos tributários rio Branco e rio Contra. Na estação JP01, próximo a foz apresenta valor próximo aos encontrados no rio Madeira. Ao mesmo tempo o lago Madalena (JP02) formado pelo meandro abandonado do rio Jaci Paraná apresenta ambiente lântico e valor o de MeHgT é praticamente 2 vezes maior do que JP01. O valores máximos de MeHgT e MeHgD encontrados durante o período de vazante nos afluentes foram Belmonte 0,46 ng.l<sup>-1</sup> e Jatuarana I 0,16 ng.l<sup>-1</sup>. Durante o período de seca no entanto os valores encontrados para o Igarapé Belmont foi de 0,084 ng.l<sup>-1</sup>.

Poucos dados estão disponíveis na literatura que permitem uma maior comparação as concentrações de MeHg no rio Madeira. Os dados da bacia do rio Tapajós são semelhantes aos valores encontrados no rio Madeira durante o período de monitoramento (Maio-agosto, 2010). Na tabela II.4 destaca-se o trabalho realizado por Bozongo et al (2002), onde os valores encontrados mostram-se bem superiores (0,60 - 1,825ng.l<sup>-1</sup>) aos encontrados neste programa de Monitoramento. As tabelas e II.2 e II.3 apresenta as concentrações de MeHgT e MeHgD para as 13 estações monitoradas neste programa. Comparando os dados das tabelas citadas com os dados da tabela II.4 observa-se que os valores encontrados neste monitoramento são 10 vezes mais baixos do que os valores encontrados por Bozongo et. al. (2002). Devemos considerar que o trabalho realizado por este autor (Bozongo et al, 2002) não compreende o trecho encachoeirado do rio Madeira, mas, sim o trecho entre Porto Velho (Jusante de Santo Antonio) a foz do rio Madeira com o rio Amazonas. A estação MD04 é única estação que compreende a área estudada por este autor (Bozongo et. al. 20002) e mesmo assim não corrobora tais dados, dificultando a comparação. Os dados encontrados para o rio Madeira e afluentes estão de acordo com dados encontrados nos demais trabalhos citados na tabela II.4.

### Considerações

Os dados obtidos até o momento para MeHg não permitem ainda uma avaliação temporal. Os níveis de MeHg encontrados na no rio Madeira apresenta-se como níveis de *background* ambiental, uma vez que dados pretéritos ao garimpo não são disponíveis. Considerando a comparação parcimoniosa com dados de Bozongo et al (2002), observa-se uma diminuição drástica nas concentrações de MeHg nas águas do rio Madeira nos últimos 8 anos.

Serão realizadas coletas nos próximos trimestres completando um ciclo sazonal. Momento em que será possível uma avaliação mais aprofundada das concentrações de MeHg na água do rio Madeira.



## CAPITULO III

### III.1 Sedimento (SD)

As amostras de sedimentos de fundo foram coletadas utilizando-se de coletor pontual de sedimento em aço inox, draga de Eckman. Este equipamento permite a coleta da camada mais reativa do sedimento – os primeiros 5 cm de profundidade. Os perfis verticais de sedimento foram coletados com tubo de acrílico de dimensões 100 cm comprimento x 7,5cm de diâmetro nas áreas de remanso. Após a coleta as amostras de perfis verticais de sedimentos foram fatiadas de 5 em 5cm e acondicionadas em sacos de polietileno e mantidas resfriadas até a preparação das amostras para análise.

Para o procedimento analítico as amostras de sedimentos foram homogeneizadas a úmido nos próprios sacos de polietileno utilizados em campo, através da aplicação de água ultra-pura (Milli-Q, Millipore) sendo, posteriormente, peneiradas na fração <200 mesh (<74  $\mu\text{m}$ ), considerada a mais ativa fisicamente em processos de adsorção, por possuir maior área superficial. Em seguida, a fração fina do sedimento é transferida para um gral de porcelana e seca em estufa a temperatura de 50°C para posterior extração química e quantificação por espectrofotometria de absorção atômica de chama para Cd, Cu, Cr, Co, Fe, Mn, Ni, e Pb (AA-400, Perkin Elemer) e por geração de vapor frio para Hg total (FIMS-400, Perkin Elemer).

#### III.1.1. Mercúrio Total

As concentrações de Hg total nos sedimentos do rio Madeira e seus tributários estão apresentadas temporalmente na figura III.1. A tabela III.1 apresenta as médias de Hg ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) no sedimento superficial de fundo para o período entre 2008 e 2010. Comparando os valores médios de Hg no sedimento superficial com os valores estabelecidos pela CETESB (valores orientadores para solo e sedimento) ou pela CONAMA 344, verifica-se que os valores encontrados na bacia do rio Madeira estão abaixo deste limite de intervenção. Muito embora os valores orientadores estabelecidos pela CETESB e citados na tabela III.1 são a princípio mais apropriados para o estado de São Paulo.

Os estudos sobre Hg no sedimento tanto no EIA-RIMA (IBAMA, 2005) quanto nos trabalhos realizados ao longo dos anos na bacia do rio Madeira tem mostrado que após o declínio do garimpo de ouro em meados dos anos 90 houve uma redução nos valores de Hg (Tabela III.1).

**Tabela III.1.** Valores de concentração de Hg ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) no sedimento de fundo nos tributários do rio Madeira (TB) e no rio Madeira (MD).

Mês/ano	Rios	Média ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	Mínimo ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	Máximo ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	DP ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	n
Julho, 2008	MD	0,060	0,039	0,090	0,024	04
Julho, 2008	TB	0,080	0,040	0,141	0,037	10
Agosto, 2009	MD	0,060	0,031	0,128	0,033	10
Agosto, 2009	TB	0,090	0,044	0,136	0,034	10
Novembro, 2009	TB	0,076	0,039	0,118	0,029	08
Novembro, 2009	MD	0,053	0,032	0,081	0,014	10
Fevereiro, 2010	TB	0,071	0,030	0,111	0,027	06
Fevereiro, 2010	MD	0,036	0,028	0,046	0,006	08
Maio, 2010	MD	0,057	0,030	0,088	0,018	10
Maio, 2010	TB	0,079	0,051	0,118	0,022	08
Agosto, 2010	TB	0,068	0,050	0,088	0,017	06
Agosto, 2010	MD	0,034	0,025	0,046	0,008	09
EIA-RIMA 2004	MD	0,048	-	-	-	-
EIA-RIMA 2004	TB	0,064	-	-	-	-
*Valor Médio da Crosta Terrestre	0,050	-	-	-	-	-
**CONAMA 344	0,170	-	-	-	-	-
***CONAMA 344	0,170- 0,480	-	-	-	-	-
****CETESB	0,500	-	-	-	-	-

\*Referencia Kabata-Pendias (2001).

\*\*Nível que não se observa efeitos adversos a biota. Valor estabelecido para sedimentos a serem dragados.

\*\*\*Nível que se observam efeitos adversos à biota. Valor estabelecido para sedimentos a serem dragados.

\*\*\*\* Valor de Intervenção para solo e adotado para sedimento para o Estado de São Paulo.

Comparando os valores de Hg total encontrado no rio Madeira (MD) com os valores encontrados nos tributários (TB) do rio Madeira (Figura III.1), observa-se que os valores dos afluentes mostraram-se mais elevados. Observou-se uma variação temporal nas concentrações de sedimento no período estudado, entre 2008 a 2010. A figura III.1 mostra variação temporal das concentrações de Hg total ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) no sedimento de fundo do rio Madeira e seus tributários. Considerando o ciclo hidrológico e a flutuação histórica média do nível fluviométrico do rio Madeira (Figura III.2), observa-se uma variação nas concentrações de Hg no rio Madeira entre os períodos de águas baixas e águas altas.

Comparando os dados do último trimestre de monitoramento (Junho, Julho e Agosto de

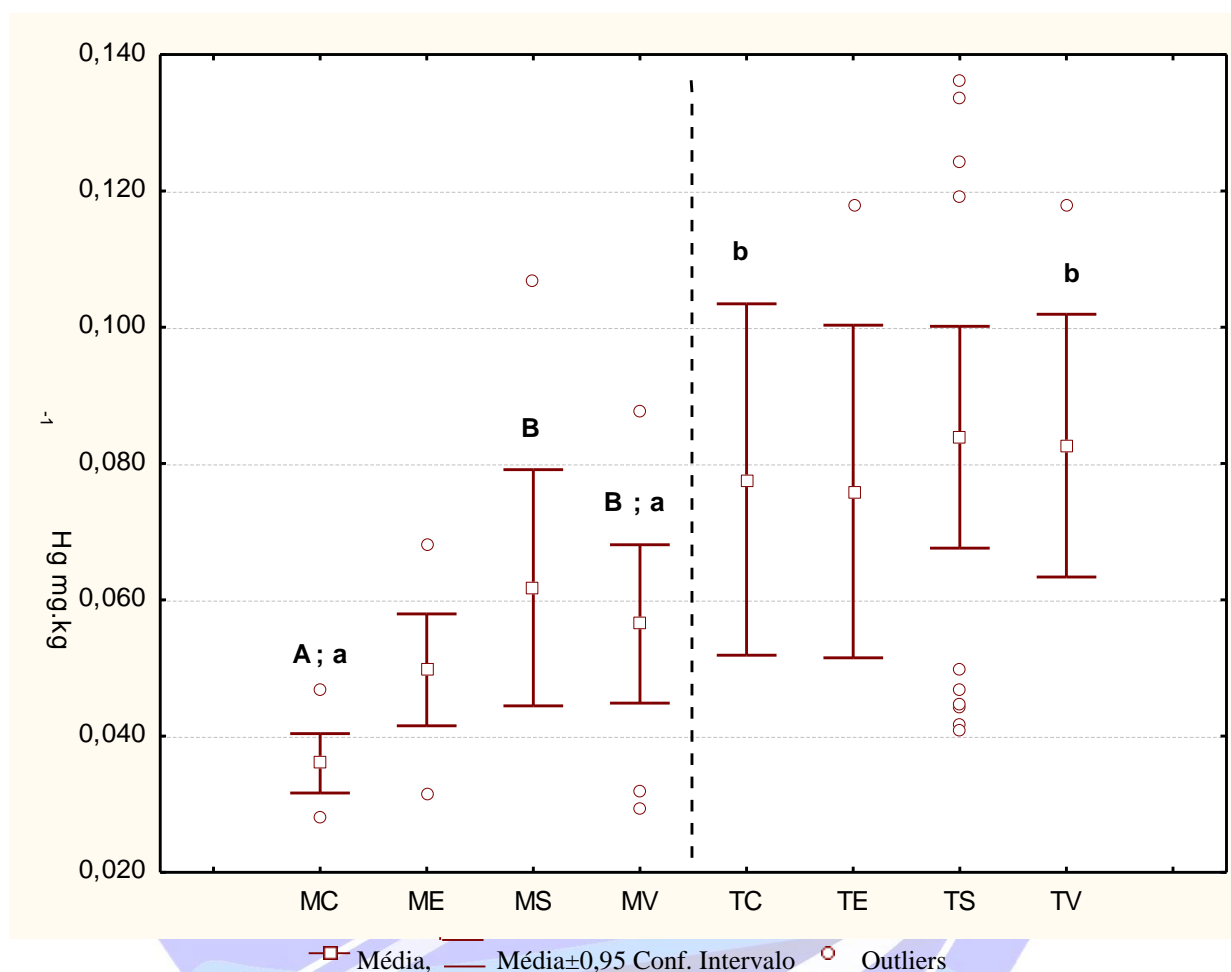
2010) com os dados de 2009 para o mesmo período hidrológico (águas baixas ou seca) tabela III.1, observa-se que as concentrações médias de Hg variaram entre 0,080 a 0,068 mg.kg<sup>-1</sup>. Enquanto que no rio Madeira as concentrações de Hg do último trimestre apresentaram valores médios de Hg para o rio Madeira de 0,034 mg.kg<sup>-1</sup>. Os valores apresentados até o momento para o período entre Julho de 2008 a Agosto de 2010 estão próximos aos encontrados durante a fase de EIA-RIMA, 2004.

Contrário ao que ocorre com as concentrações de Hg no material particulado em suspensão nos tributários as concentrações de Hg no sedimento dos tributários não apresentam grandes mudanças durante o ciclo hidrológico (ver capítulo I). O grande volume de águas do rio Madeira e sua alta vazão durante o período de águas altas, além de diluir o Hg transportado no MPS reduz a taxa de sedimentação. Enquanto os rios menores como os afluentes do rio Madeira são mais sensíveis às precipitações regionais e ao *run off* após os eventos de precipitação. Desta forma o monitoramento do material particulado em suspensão é de fundamental importância para verificar alterações repentinas ocorridas nas microbacias dos afluentes do rio Madeira. Enquanto que no sedimento de fundo pode responder a variações mais a longo prazo nos tributários e curto a médio prazo nos sedimentos do rio Madeira, ou seja, variações nas concentrações de Hg no sedimento do rio Madeira poderão ser relacionadas a mudanças regionais, enquanto que os tributários indicarão mudanças locais.

Importante ressaltar que Pfeiffer et al (1989) encontraram no rio Mutum Paraná no final dos anos 80, tributário da margem direita do rio Madeira a montante do empreendimento UHE – Santo Antonio, uma concentração média de Hg de 19,00 mg.kg<sup>-1</sup>. Segundo estes autores, a alta concentração de Hg no rio Mutum-Paraná relacionava-se com a intensa utilização da foz deste rio para a manutenção de balsas e dragas utilizadas na mineração de ouro, que durante os períodos de atracagem eliminavam este metal resultante da queima do amálgama de ouro-mercúrio (Au-Hg). De acordo com dados do EIA-RIMA estas concentrações de Hg diminuíram significativamente nos últimos anos variando entre 0,124 e 0,134 mg.kg<sup>-1</sup>. Esta diminuição nas concentrações de Hg deve-se a dois fatores principais. Primeiramente a diminuição da manutenção de dragas nesta área ao longo do tempo e, a recuperação do mercúrio no processo de extração de ouro através da utilização da retorta (destilador de Hg – chamada pelos garimpeiros de “cadinho”) que teve um ganho efetivo nos últimos anos diminuindo seu lançamento direto nos corpos d’água da região.

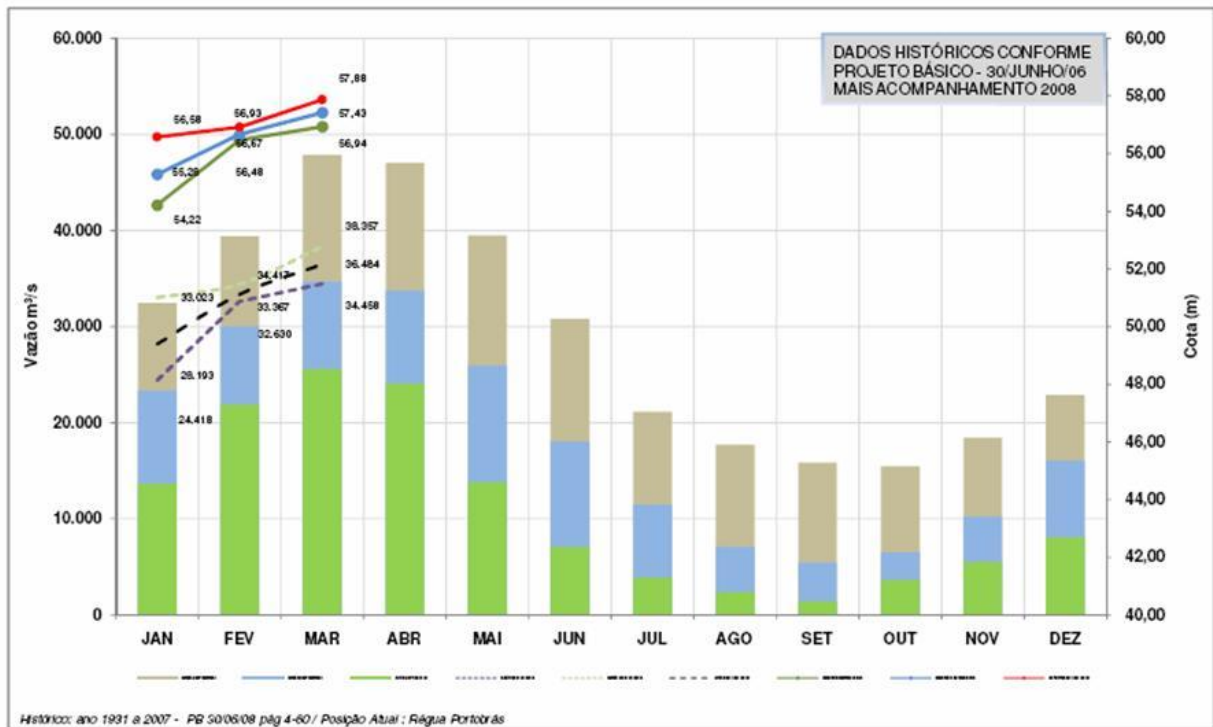
Roulet et al (2000), estudando a bacia do rio Tapajós observaram que as alterações na cobertura vegetal da bacia para uso de pastagem, queima de florestas e a progressiva erosão dos solos contribuem para o aumento de Hg nos sedimentos. Tais atividades ocorrem em larga escala nas sub-bacias dos tributários do rio Madeira. Os solos marginais aos tributários apresentam maiores valores de Hg quando comparados com os solos marginais do rio Madeira contribuindo para os maiores valores de Hg no sedimento dos tributários.

As figuras III.1 e III.2 apresentam as concentrações médias de Hg entre o rio Madeira e seus tributários considerando a variação sazonal da região e vazão média do rio Madeira, respectivamente.



**Figura III.1.** Variação temporal das concentrações de Hg total ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) no sedimento de fundo do rio Madeira e seus tributários na área de influencia da UHE Santo Antonio MC = madeira cheia, ME = madeira enchente, MS = madeira seca TC = tributários cheia, TE = tributários enchente, TS = tributários seca, TV = tributários vazante. As letras maiúsculas indicam diferença significativa (Kruskal-Wallis;  $p < 0,05$ ) entre os períodos amostrados no rio Madeira, e as letras minúsculas indicam diferença significativa (Mann-Whitney;  $p < 0,05$ ) entre o rio Madeira e os tributários dentro dos períodos amostrados.

**AMBIENTAL**  
Wolfgang C. Pfeiffer



**Figura III.2** Dados Históricos de vazão do rio Madeira (Fonte: SAE, 2010).

### III.1.2. Outros Metais Pesados

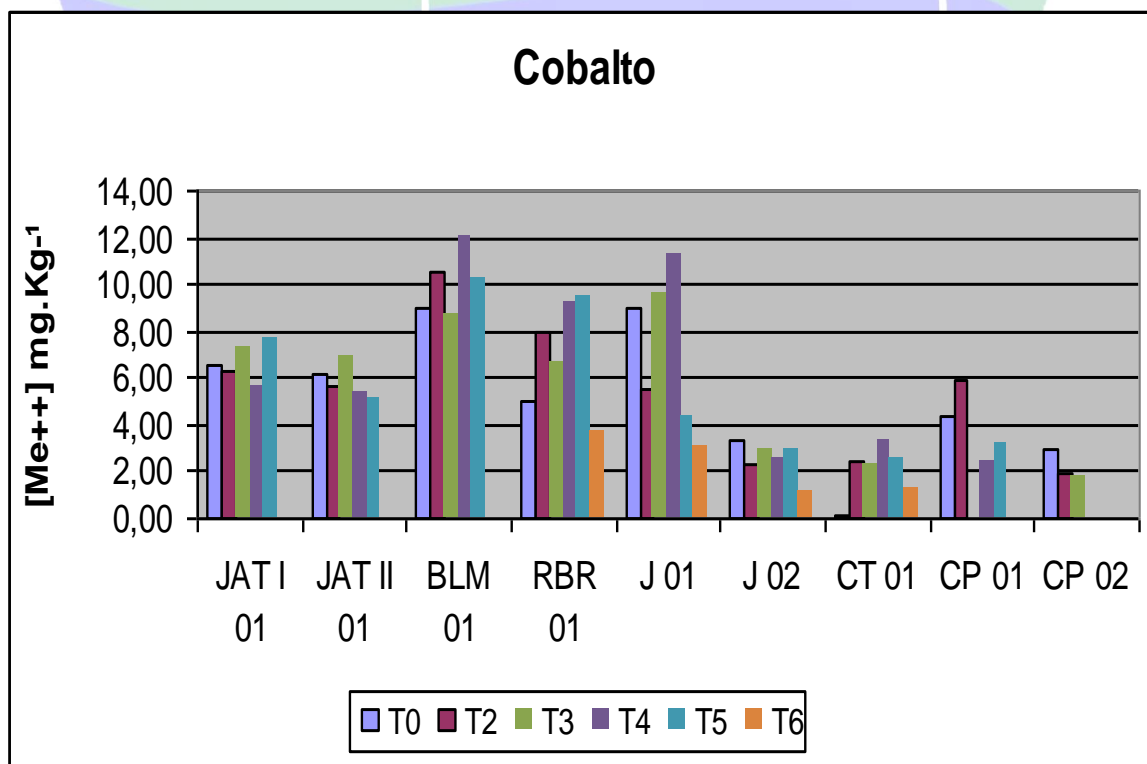
Este trabalho tem como finalidade avaliar as concentrações dos elementos traço: cobalto (Co), manganês (Mn), cromo (Cr), níquel (Ni), chumbo (Pb), cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) nos sedimentos de fundo referentes ao mês de agosto de 2010 visando atender o Plano Básico Ambiental da Usina Hidrelétrica de Santo Antonio (PBA Santo Antônio). Os resultados foram apresentados conforme o regime hidrológico da região (Tabela III.2).

Wolfgang C. Pfeiffer

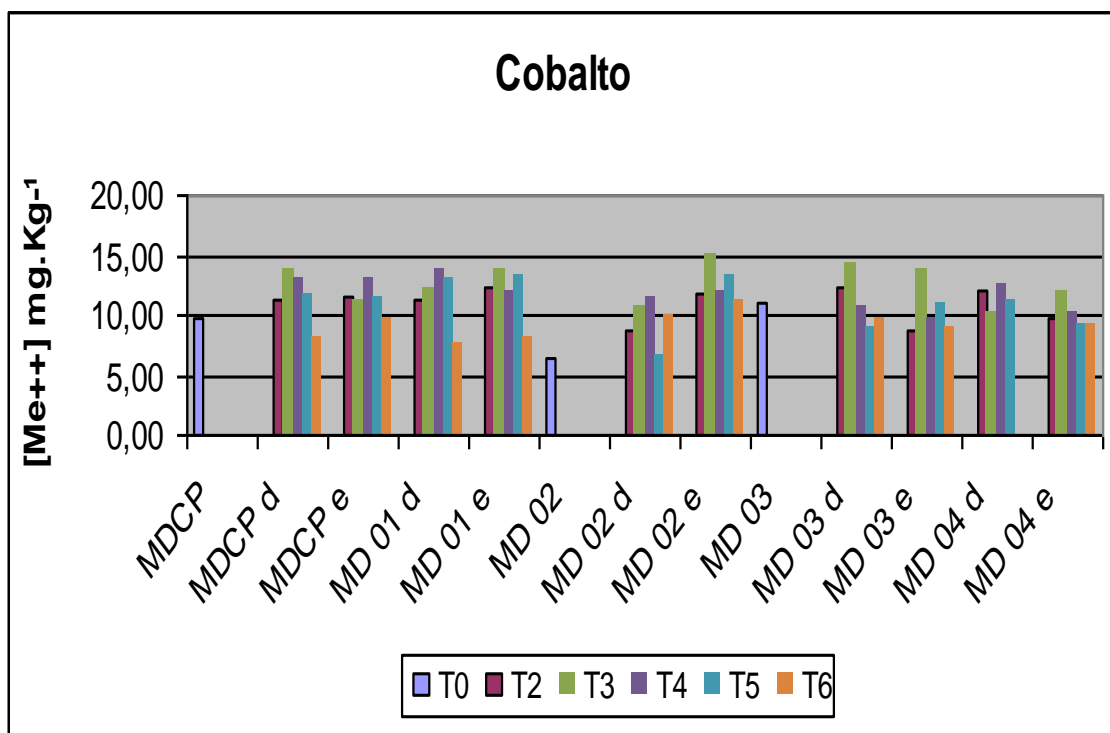
**Tabela III.2.** Período e código de coleta por trimestre

Mês/ano	Código de Coleta
Julho/2008	T0
Agosto/2009	T2
Novembro/2009	T3
Fevereiro/2010	T4
Mai/2010	T5
Agosto/2010	T6

O **cobalto** (Co) não possui valores de referência estabelecidos para sedimento. A contribuição das estações de monitoramento até a presente avaliação, apresentou para os tributários, a concentração de  $5,40 \pm 3,05 \text{ mg.kg}^{-1}$ , e para o rio Madeira a concentração de  $11,09 \pm 1,97 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Em comparação com o relatório do 5º trimestre, houve um decréscimo de 5% em relação aos tributários, e de 3% em relação ao rio Madeira. A distribuição da concentração do elemento por período e estações de coleta estão demonstrados na figura III.3 para os tributários e na figura III.4 para o rio Madeira.



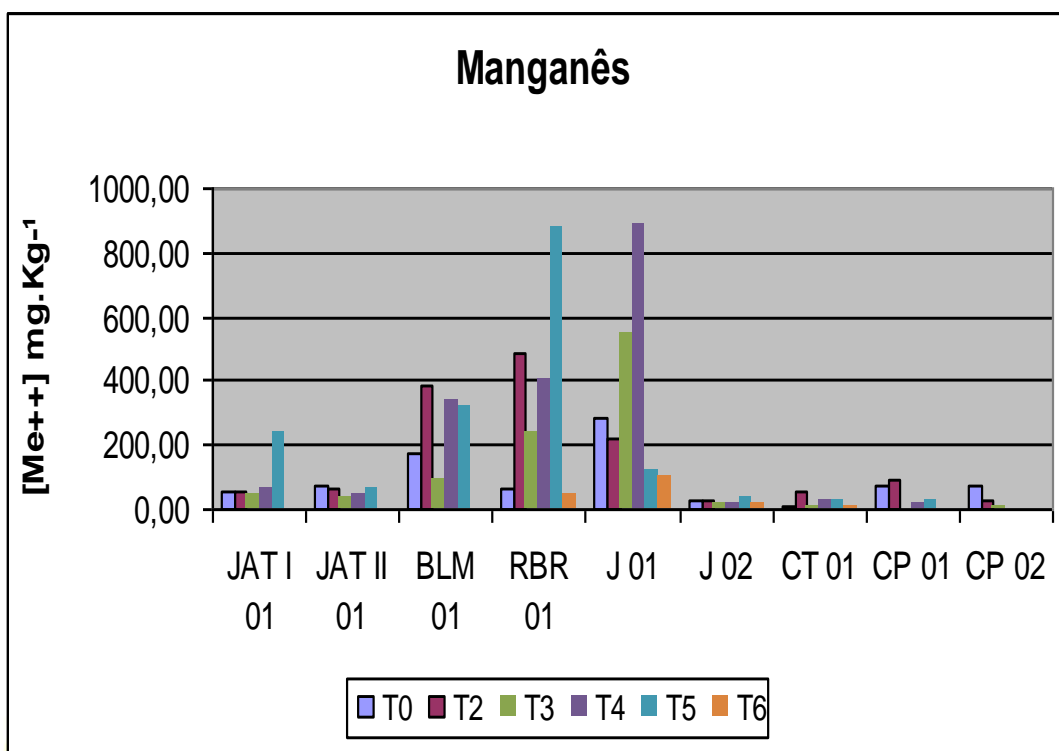
**Figura III.3** Concentração de Co nos sedimentos dos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento.



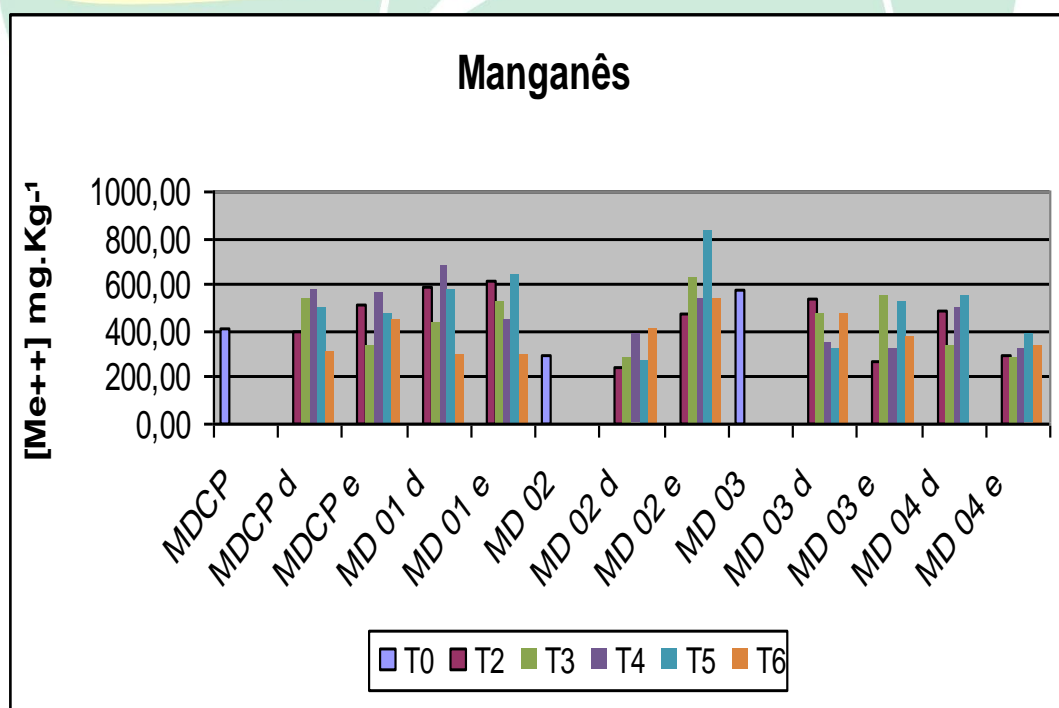
**Figura III.4.** Concentração de Co nos sedimentos do rio Madeira ao longo do monitoramento.

O **manganês** (Mn) não possui valores de referência estabelecidos para sedimento de fundo. A contribuição das estações de monitoramento até a presente avaliação apresentou para os tributários a concentração de  $147,49 \pm 200,48 \text{ mg.kg}^{-1}$  e para o rio Madeira a concentração de  $447,99 \pm 128,30 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Em comparação com o relatório do 5º trimestre, houve um decréscimo de 6% em relação aos tributários e de 3% em relação ao rio Madeira. A distribuição da concentração do elemento por período e estações de coleta estão demonstrados na figura III.5 para os tributários e na figura III.6 para o rio Madeira.



**Figura III.5.** Concentração de Mn nos sedimentos dos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento.

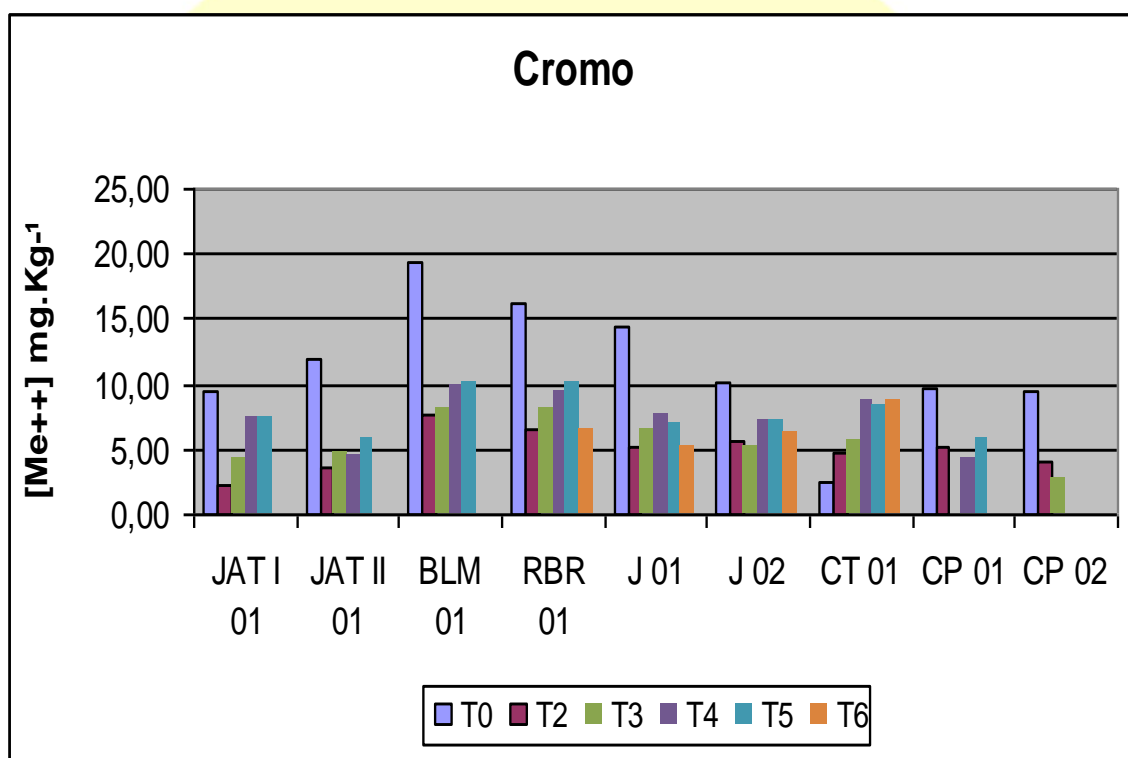


**Figura III.6.** Concentração de Mn nos sedimentos do rio Madeira ao longo do monitoramento.



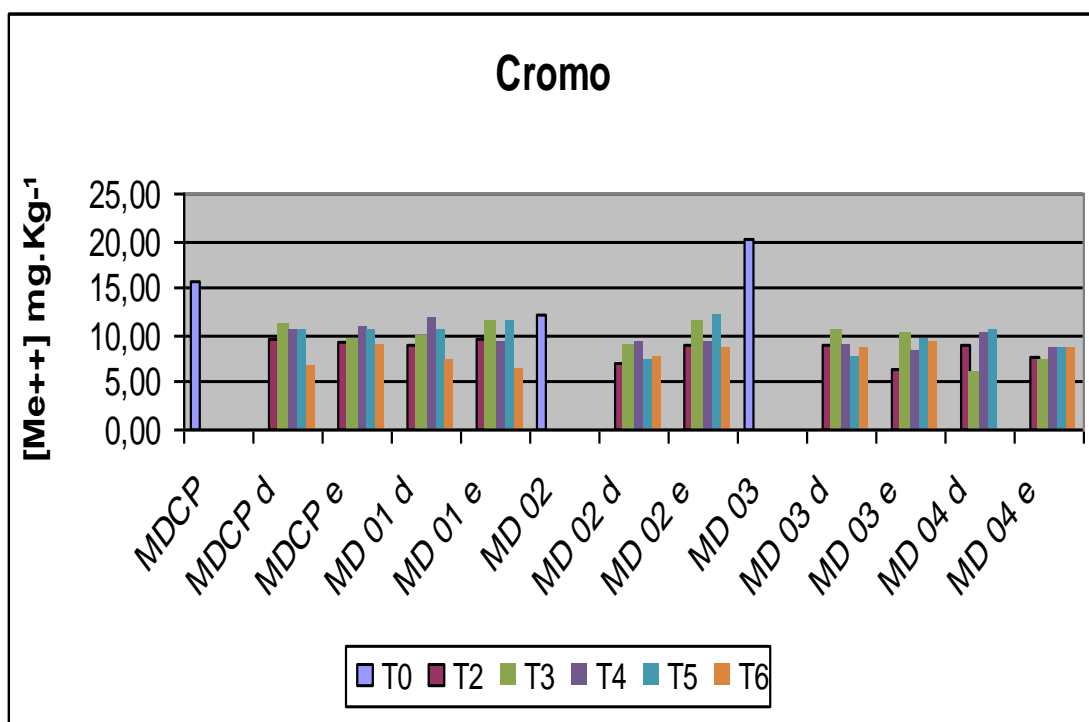
O **chromo** (Cr) possui valores de referência estabelecidos em  $90\text{mg.kg}^{-1}$  para sedimento (CETESB). A contribuição das estações de monitoramento até a presente avaliação apresentou para os tributários a concentração de  $7,42 \pm 3,40 \text{ mg.kg}^{-1}$  e para o rio Madeira a concentração de  $9,57 \pm 2,33 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Em comparação com o relatório do 5º trimestre houve um decréscimo de 1% em relação aos tributários e de 3% em relação ao rio Madeira. A distribuição da concentração do elemento por período e estações de coleta estão demonstrados na figura III.7 para os tributários e na figura III.8 para o rio Madeira.



**Figura III.7.** Concentração de Cr nos sedimentos dos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento.

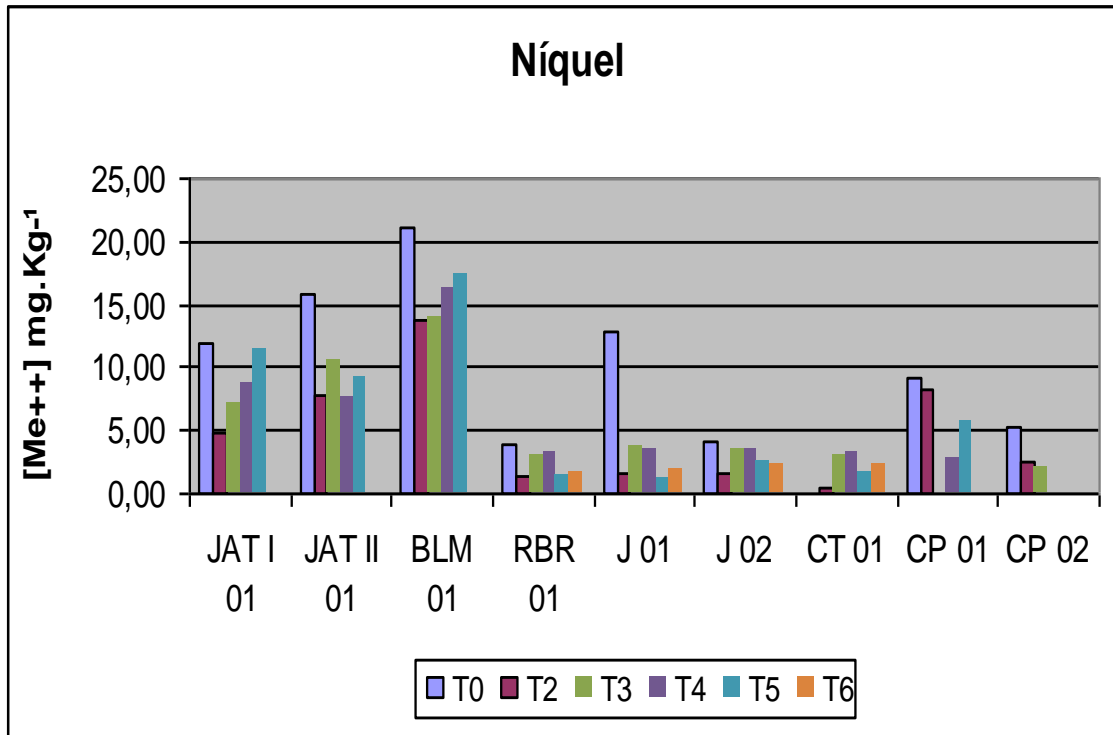
LABORATÓRIO  
BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL  
Wolfgang C. Pfeiffer



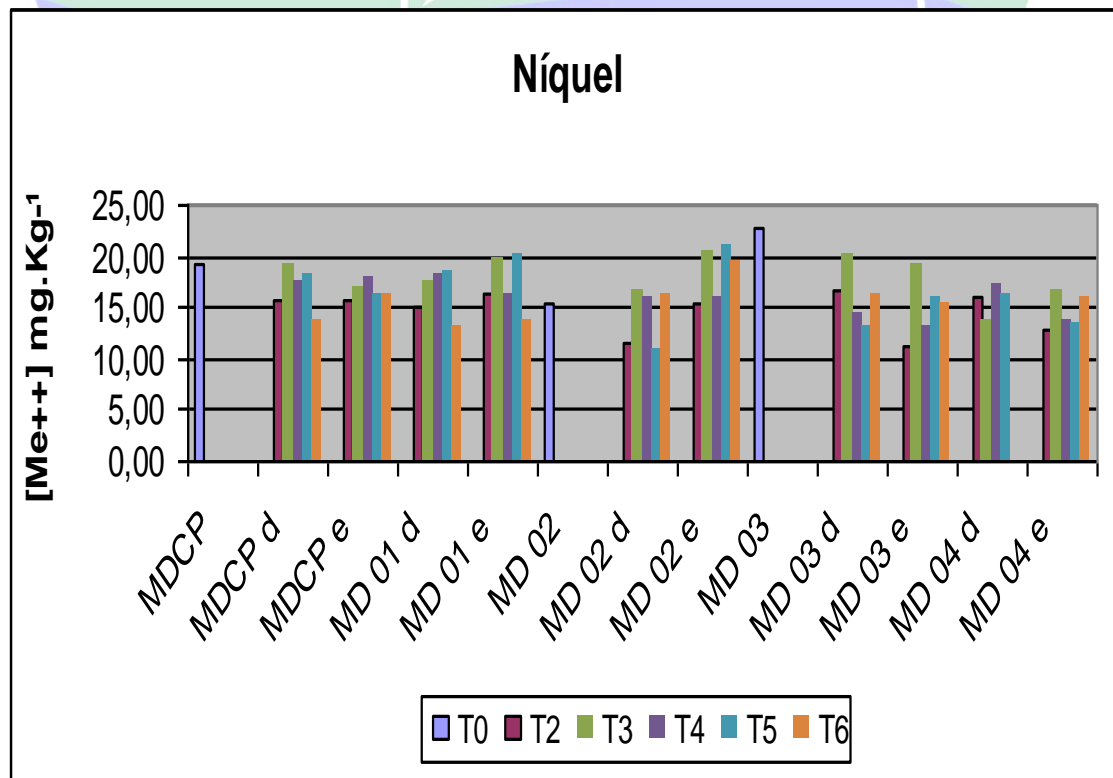
**Figura III.8.** Concentração de Cr nos sedimentos do rio Madeira ao longo do monitoramento.

O **níquel** (Ni) possui valores de referência estabelecidos em  $35,9 \text{ mg.kg}^{-1}$  para sedimento (CETESB). A contribuição das estações de monitoramento até a presente avaliação apresentou para os tributários a concentração de  $6,25 \pm 5,23 \text{ mg.kg}^{-1}$  e para o rio Madeira a concentração  $16,35 \pm 2,60 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Em comparação com o relatório do 5º trimestre, houve um decréscimo de 4% em relação aos tributários e 1% em relação ao rio Madeira. A distribuição da concentração do elemento por período e estações de coleta estão demonstrados na figura III.9 para os tributários e na figura III.10 para o rio Madeira.

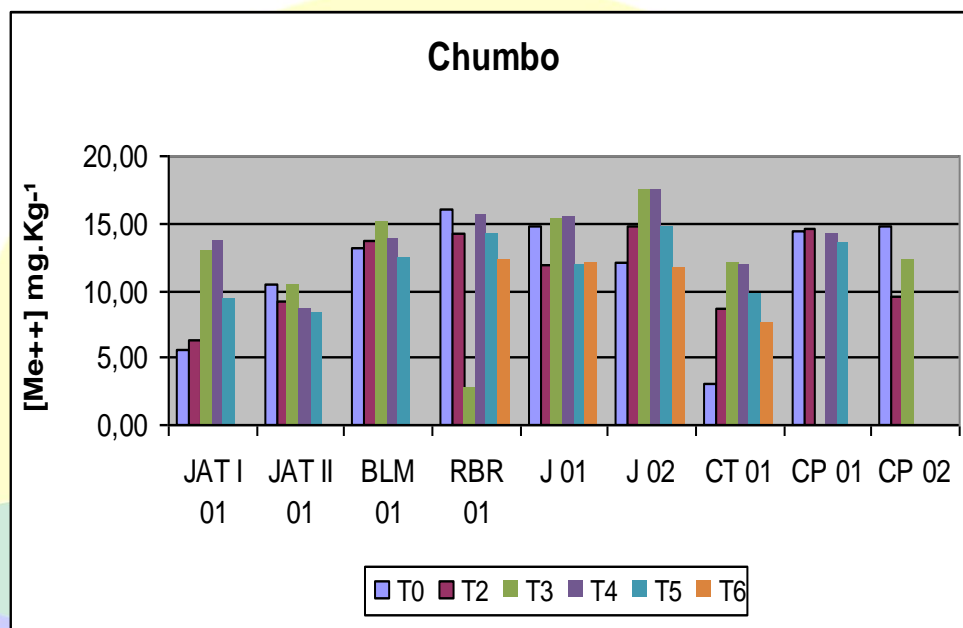


**Figura III.9.** Concentração de Ni nos sedimentos dos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento.

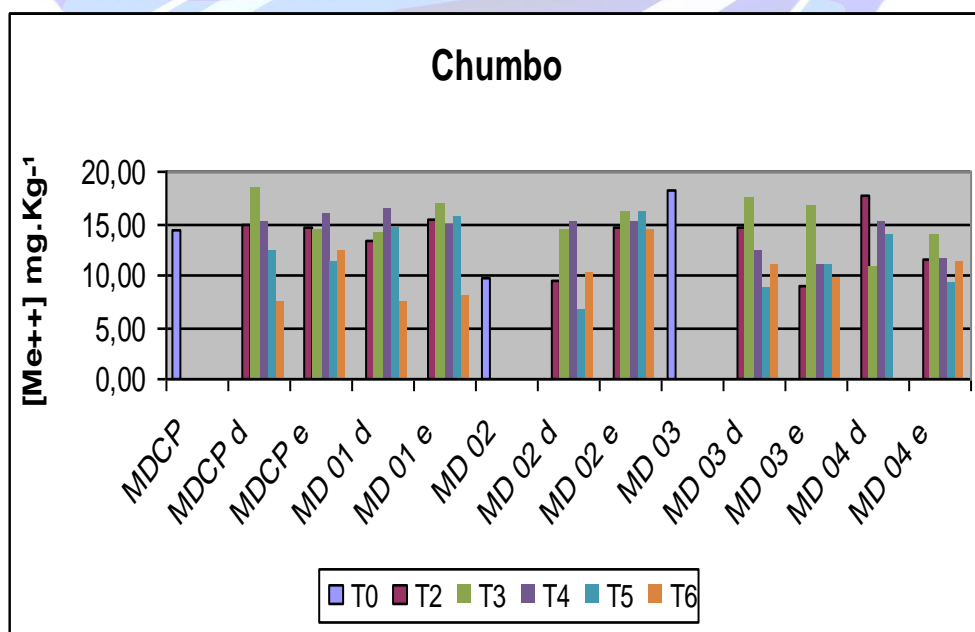


**Figura III.10.** Concentração de Ni nos sedimentos do rio Madeira ao longo do monitoramento.

O **chumbo** (Pb) possui valores de referência estabelecidos em  $91,3 \text{ mg.kg}^{-1}$  para sedimento (CETESB). A contribuição das estações de monitoramento até a presente avaliação apresentou para os tributários a concentração  $12,04 \pm 3,42 \text{ mg.kg}^{-1}$  e para o rio Madeira a concentração de  $13,15 \pm 3,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Em comparação com o relatório do 5º trimestre, houve um decréscimo de 1% em relação aos tributários e de 5% em relação ao rio Madeira. A distribuição da concentração do elemento por período e estações de coleta estão demonstrados na figura III.11 para os tributários e na figura III.12 para o rio Madeira.

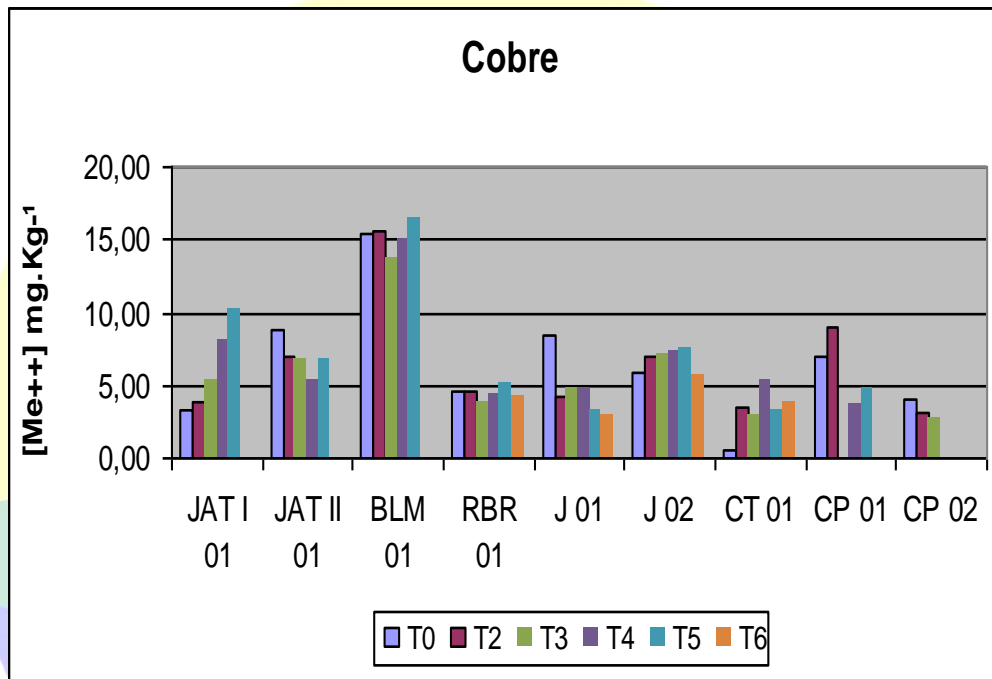


**Figura III.11.** Concentração de Pb nos sedimentos dos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento.

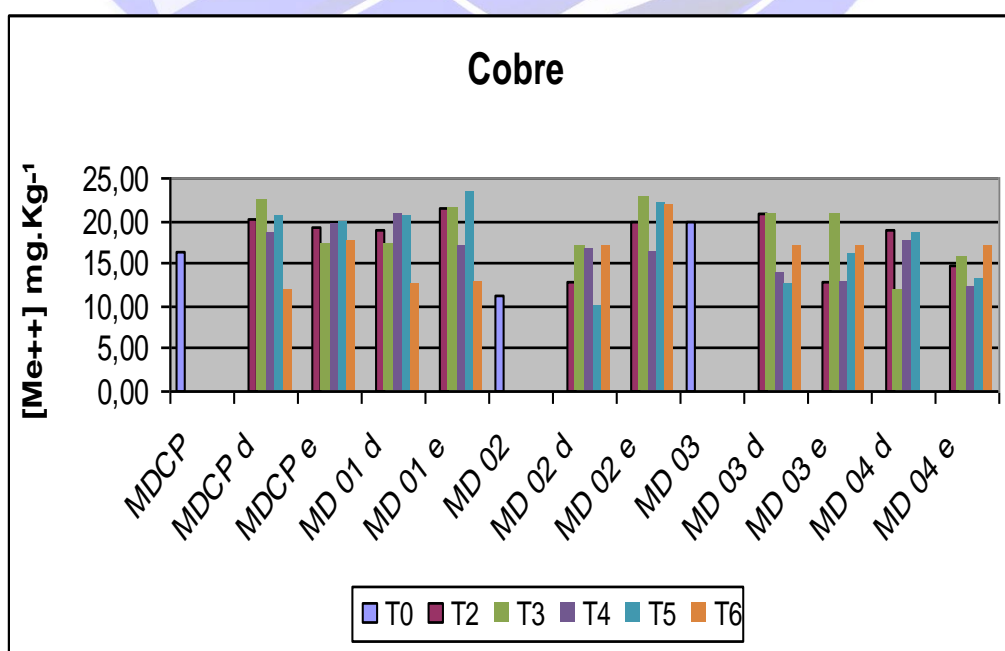


**Figura III.12.** Concentração de Pb nos sedimentos do rio Madeira ao longo do monitoramento.

O  **cobre** (Cu) possui valores de referência estabelecidos em  $197 \text{ mg.kg}^{-1}$  para sedimento (CETESB). A contribuição das estações de monitoramento até a presente avaliação apresentou para os tributários a concentração de  $6,35 \pm 3,71 \text{ mg.kg}^{-1}$  e para o rio Madeira a concentração  $17,35 \pm 3,53 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Em comparação com o relatório do 5º trimestre houve um decréscimo de 3% em relação aos tributários e de 2% em relação ao rio Madeira. A distribuição da concentração do elemento por período e estações de coleta estão demonstrados na figura III.13 para os tributários e na figura III.14 para o rio Madeira.

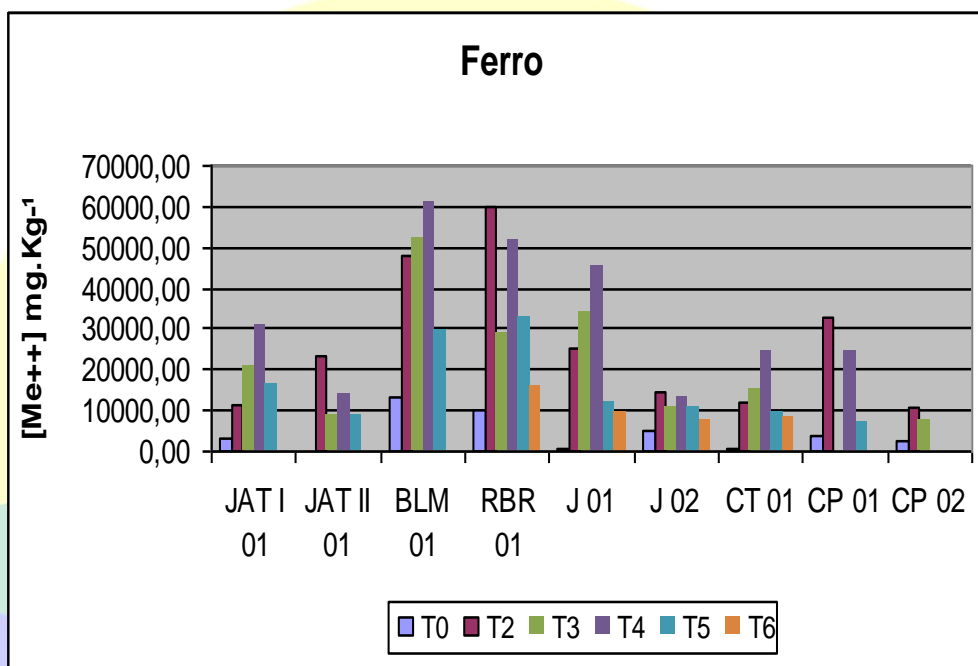


**Figura III.13.** Concentração de Cu nos sedimentos dos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento.

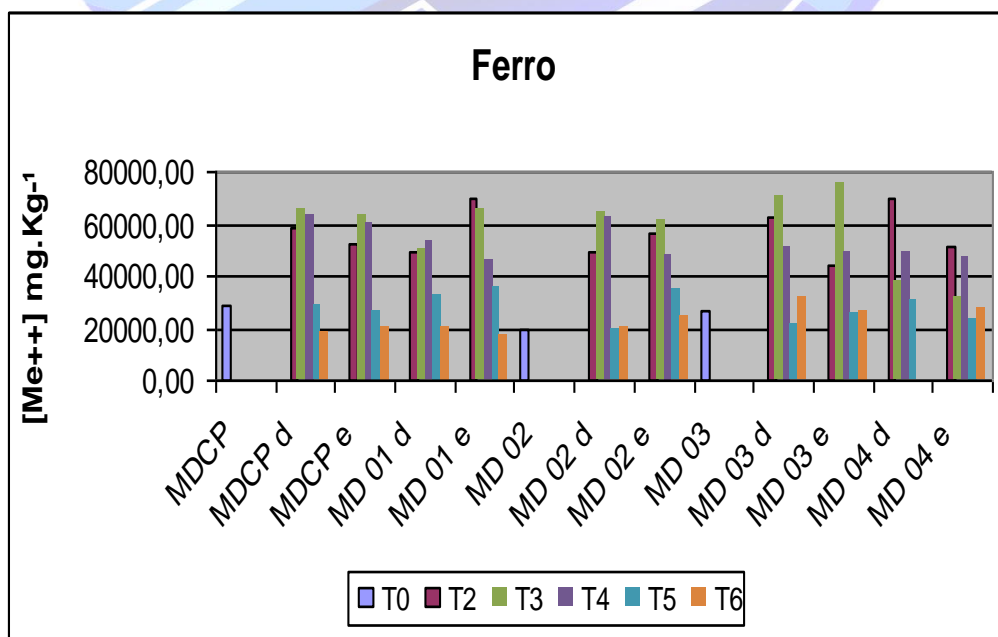


**Figura III.14.** Concentração de Cu nos sedimentos do rio Madeira ao longo do monitoramento.

O **ferro** (Fe) não possui valores de referência para sedimento. A contribuição das estações de monitoramento até a presente avaliação apresentou para os tributários a concentração média de  $19.312,20 \pm 16.147,37 \text{ mg.kg}^{-1}$  e para o rio Madeira a concentração  $43.156,35 \pm 17.461,11 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Em comparação com o relatório do 5º trimestre, houve um decréscimo de 4% em relação aos tributários e de 9% em relação ao rio Madeira. A distribuição da concentração do elemento por período e estações de coleta estão demonstrados na figura III.15 para os tributários e na figura III.16 para o rio Madeira.



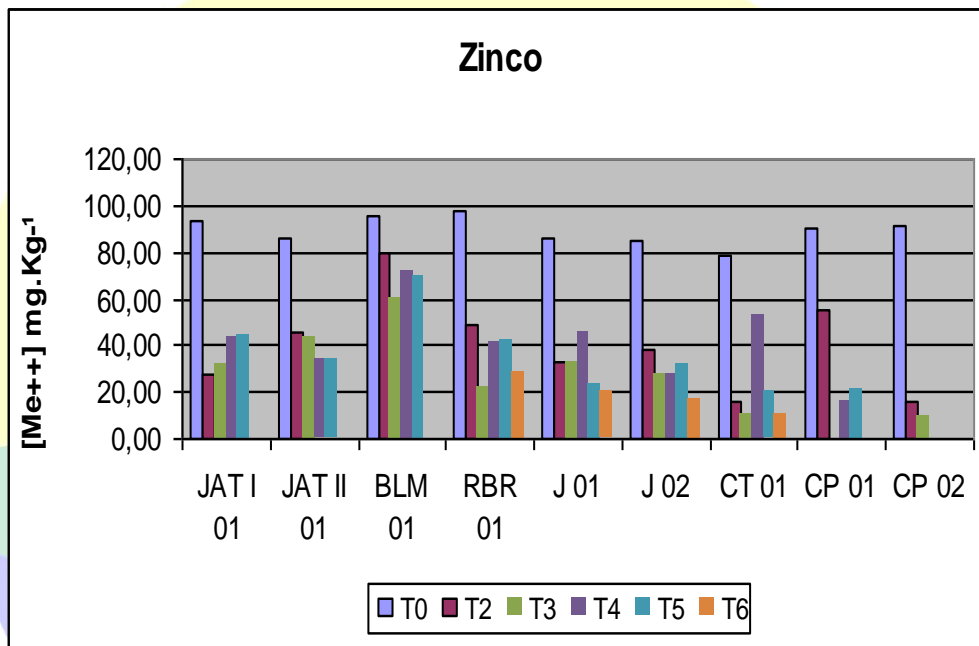
**Figura III.15.** Concentração de Fe nos sedimentos dos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento..



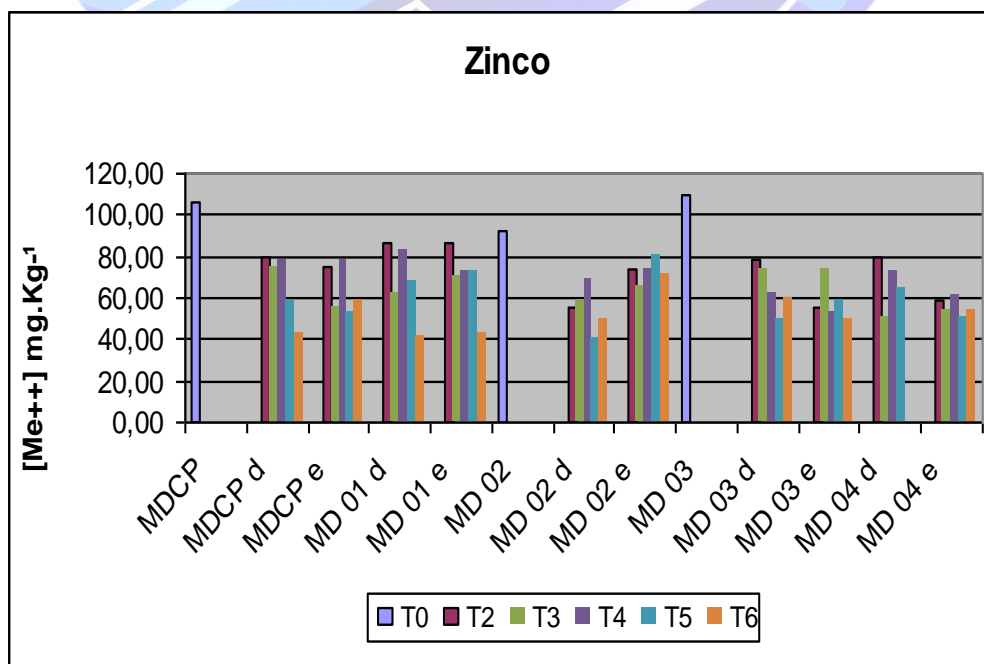
**Figura III.16.** Concentração de Fe nos sedimentos do rio Madeira ao longo do monitoramento.

O **zinco** (Zn) possui valores de referência estabelecidos em  $315 \text{ mg.kg}^{-1}$  para sedimento (CETESB). A contribuição das estações de monitoramento até a presente avaliação apresentou para os tributários a concentração de  $45,67 \pm 26,91 \text{ mg.kg}^{-1}$  e para o rio Madeira a concentração  $66,36 \pm 15,32 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Em comparação com o relatório do 5º trimestre, houve um decréscimo de 5% em relação aos tributários e 4% em relação ao rio Madeira. A distribuição da concentração do elemento por período e estações de coleta estão demonstrados na figura III.17 para os tributários e na figura III.18 para o rio Madeira.



**Figura III.17.** Concentração de Zn nos sedimentos dos tributários do rio Madeira ao longo do monitoramento.



**Figura III.18.** Concentração de Zn nos sedimentos do rio Madeira ao longo do monitoramento.

As concentrações dos elementos Co, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe e Zn referente ao período de coleta de agosto de 2010, evidenciaram para todas as estações de monitoramento, que não houve incremento dos elementos em relação ao período anterior. Todos os resultados encontrados estão de acordo com a legislação e em coerência com resultados de trabalhos pretéritos na região.

Devido ao baixo nível da coluna d'água que impediu o acesso nos rios Caripunas, igarapé Jauarana I e II e igarapé Belmont, não foi possível amostrar o sedimento nestes tributários. Os resultados dos elementos químicos por estação de coleta e período, assim como seus valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo dos tributários estão expressos na tabela III.3.

Os resultados dos elementos químicos por estação de coleta e período, assim como seus valores médios, desvio padrão, máximo e mínimo do rio Madeira seguem na tabela III.4.





**Tabela III.3.** Tabela dos tributários do rio Madeira com média, desvio padrão, máximo e mínimo e concentração dos elementos químicos por estações e período com valores de referência (\*Valores de referência (CETESB,2006 e \*\*Valores encontrados EIA/RIMA – 2004).

Localidade	Trimestre	Cobalto (mg.kg <sup>-1</sup> )	Manganês (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cromo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Níquel (mg.kg <sup>-1</sup> )	Chumbo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cobre (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ferro (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zinco (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mercurio (mg.kg <sup>-1</sup> )
RBR 01	T 0	4,96	65,05	16,13	3,83	16,12	4,53	9965,96	97,92	0,1419
RBR 01	T 2	7,96	489,9	6,56	1,29	14,15	4,66	59836,3	48,39	0,119
RBR 01	T 3	6,63	239,58	8,01	2,9	2,64	3,92	28920,9	22,6	0,1095
RBR 01	T 4	9,24	404,96	9,56	3,1	15,63	4,47	51806,4	41,56	-
RBR 01	T 5	9,45	881,3	10,08	1,47	14,24	5,19	32575,7	42,73	0,054
RBR 01	T 6	3,78	48,41	6,59	1,62	12,24	4,29	15636,42	29,19	0,0884
CT 01	T 0	0,15	10,38	2,59	<LDT	3,04	0,56	391,31	79	0,1055
CT 01	T 2	2,47	52,25	4,7	0,51	8,56	3,45	12034,8	16,4	0,072
CT 01	T 3	2,37	13,37	5,71	2,93	12,08	2,93	15445,5	10,17	0,0814
CT 01	T 4	3,38	26,46	8,89	3,32	11,85	5,38	24858,7	52,67	0,0721
CT 01	T 5	2,6	27,6	8,24	1,57	9,72	3,35	9684,9	20,53	0,0866
CT 01	T 6	1,30	12,47	8,70	2,35	7,65	3,77	8209,32	10,99	0,0645
J 01	T 0	9,05	287,32	14,42	12,93	14,83	8,53	318,96	85,55	0,0575
J 01	T 2	5,56	221,75	5,17	1,63	11,85	4,2	25404	32,84	0,091
J 01	T 3	9,63	548,6	6,46	3,69	15,32	4,79	34079,5	33,43	0,0919
J 01	T 4	11,27	769,24	7,67	3,42	15,51	4,86	45495,1	45,47	0,0903
J 01	T 5	4,32	121,08	6,92	1,11	11,97	3,38	12212,5	23,1	0,1178
J 01	T 6	3,06	100,16	5,24	1,80	12,11	2,98	9244,56	20,51	0,0849
J 02	T 0	3,38	24,58	10,22	4,09	12,12	5,82	4944,03	85,16	0,109
J 02	T 2	2,34	24,75	5,54	1,53	14,7	6,97	14780,7	37,98	0,1335
J 02	T 3	2,98	17,57	5,07	3,53	17,48	7,2	10442,3	28,02	0,118
J 02	T 4	2,61	18,53	7,24	3,47	17,56	7,28	13023,9	27,87	0,111
J 02	T 5	2,95	34,79	7,24	2,61	14,74	7,54	10606,8	31,92	0,0785
J 02	T 6	1,18	14,99	6,34	2,33	11,69	5,74	7455,57	16,47	0,0725
CP 01	T 0	4,39	69,05	9,79	9,24	14,4	6,99	3814,05	89,81	0,0907
CP 01	T 2	5,9	95,92	5,12	8,32	14,51	9,04	32647,4	55,75	0,084

Localidade	Trimestre	Cobalto (mg.kg <sup>-1</sup> )	Manganês (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cromo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Níquel (mg.kg <sup>-1</sup> )	Chumbo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cobre (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ferro (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zinco (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mercúrio (mg.kg <sup>-1</sup> )
CP 02	T 0	2,9	35,02	9,41	5,38	14,84	4,04	2581,53	91,37	0,1244
CP 02	T 2	1,94	28,6	4,01	2,42	9,47	3,16	10432,8	16,41	0,136
CP 02	T 3	1,78	9,81	2,62	2,14	12,26	2,74	7269,22	9,29	0,0668
CP 02	T 4	2,46	19,69	4,32	2,82	14,22	3,72	24515,4	16,12	0,0894
CP 02	T 5	3,19	25,71	5,91	5,81	13,5	4,72	6820,85	20,72	0,0967
JAT I	T 0	6,5	55,89	9,42	11,89	5,5	3,35	2947,34	93,76	0,0856
JAT I	T 2	6,31	52,01	2,28	4,88	6,28	3,78	11442,1	27,41	0,047
JAT I	T 3	7,26	41,97	4,29	7,1	13,02	5,37	21125,6	32,09	0,0535
JAT I	T 4	5,64	68,17	7,53	8,63	13,77	8,05	30871,2	43,64	0,0619
JAT I	T 5	7,69	240,12	7,32	11,53	9,35	10,36	16390,9	45,09	0,0748
JAT II	T 0	6,18	68,93	12,04	15,93	10,53	8,82	159,9	85,5	0,0408
JAT II	T 2	5,59	67,38	3,57	7,79	9,13	7,05	23237,8	46,12	0,0447
JAT II	T 3	6,87	37,61	4,69	10,63	10,37	6,78	9133,94	43,11	0,0472
JAT II	T 4	5,45	46,26	4,42	7,66	8,61	5,31	13995,6	34,31	0,0412
JAT II	T 5	5,13	62,22	5,89	9,1	8,24	6,87	9080,27	33,55	0,0515
BLM 01	T 0	9,02	171,86	19,4	21,17	13,19	15,35	13528,7	95,42	0,0441
BLM 01	T 2	10,48	386,42	7,7	13,87	13,62	15,63	47873,6	79,27	0,0498
BLM 01	T 3	8,73	88,09	8,12	14,1	15,06	13,8	52277,2	60,1	0,0389
BLM 01	T 4	12,13	341,3	10,02	16,22	13,93	15,05	60920,2	71,72	0,0303
BLM 01	T 5	10,26	317,27	10,13	17,51	12,35	16,5	29921,6	69,59	0,0724
<b>Média</b>		<b>5,40</b>	<b>147,49</b>	<b>7,42</b>	<b>6,25</b>	<b>12,04</b>	<b>6,35</b>	<b>19312,20</b>	<b>45,67</b>	<b>0,0816</b>
<b>DP</b>		<b>3,05</b>	<b>200,48</b>	<b>3,40</b>	<b>5,23</b>	<b>3,42</b>	<b>3,71</b>	<b>16147,35</b>	<b>26,91</b>	<b>0,0273</b>
<b>Max</b>		<b>12,13</b>	<b>881,3</b>	<b>19,4</b>	<b>21,17</b>	<b>17,56</b>	<b>16,5</b>	<b>60920,2</b>	<b>97,92</b>	<b>0,1419</b>
<b>Min</b>		<b>0,15</b>	<b>9,81</b>	<b>2,28</b>	<b>&lt;LDT</b>	<b>2,64</b>	<b>0,56</b>	<b>159,9</b>	<b>9,29</b>	<b>0,0303</b>
<b>*Referência</b>	<b>-</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>90</b>	<b>-</b>	<b>91,3</b>	<b>197</b>	<b>ND</b>	<b>315</b>	<b>0,486</b>
<b>**EIA/RIMA</b>	<b>R.J.Parana</b>	<b>0,96</b>	<b>12,95</b>	<b>2,47</b>	<b>-</b>	<b>6,97</b>	<b>3,43</b>	<b>8065,72</b>	<b>9,12</b>	<b>0,036</b>
<b>**EIA/RIMA</b>	<b>R.Mutum</b>	<b>&lt;LDT</b>	<b>0,6</b>	<b>3,76</b>	<b>-</b>	<b>0,43</b>	<b>1,33</b>	<b>2346,33</b>	<b>4,85</b>	<b>0,134</b>
<b>**EIA/RIMA</b>	<b>R.Abuna</b>	<b>4,27</b>	<b>96,69</b>	<b>8,37</b>	<b>-</b>	<b>5,68</b>	<b>6,34</b>	<b>12929</b>	<b>28,4</b>	<b>0,003</b>

**Tabela III.4.** Tabela do rio Madeira com média, desvio padrão, máximo e mínimo e concentração dos elementos químicos por estações e período com valores de referência.

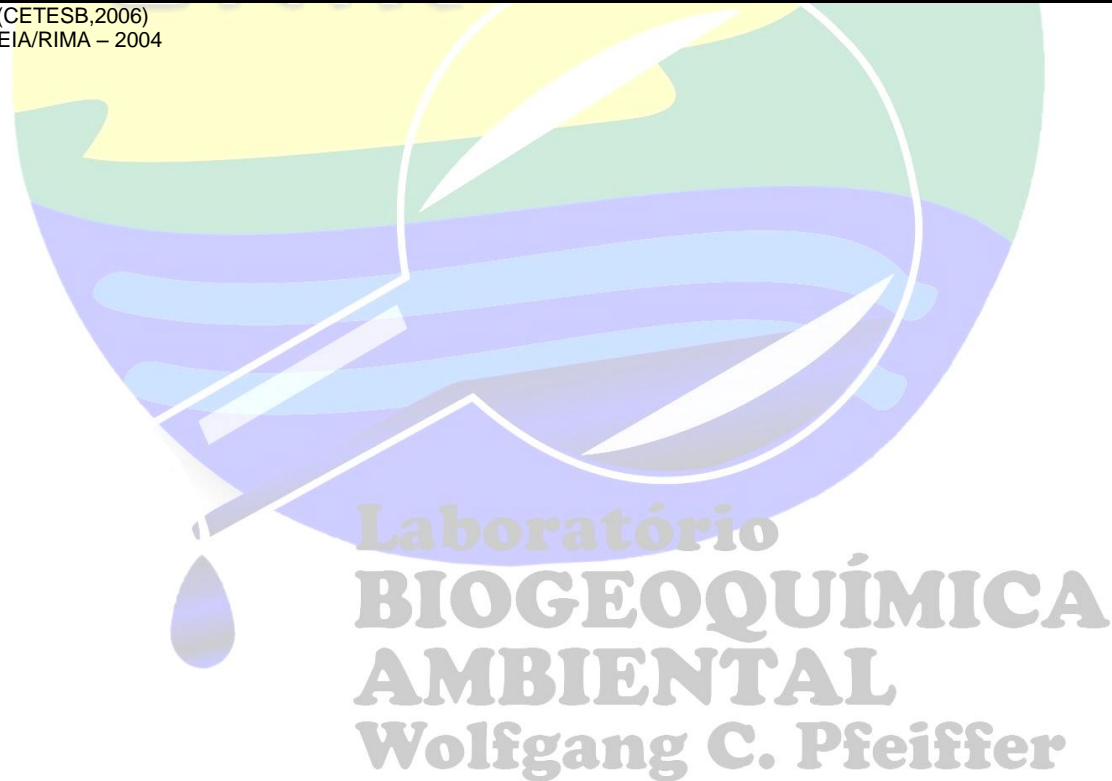
Localidade	Trimestre	Cobalto (mg.kg <sup>-1</sup> )	Manganês (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cromo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Níquel (mg.kg <sup>-1</sup> )	Chumbo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cobre (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ferro (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zinco (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mercúrio (mg.kg <sup>-1</sup> )
MDCP	T 0	9,81	407,8	15,76	19,34	14,27	16,34	28790,92	106,5	0,0396
MDCP d	T 2	11,32	399,75	9,46	15,78	14,87	20,13	58106,96	80,02	0,051
MDCP d	T 3	13,72	535,44	11,29	19,24	18,35	22,37	65712,75	74,91	0,0581
MDCP d	T 4	13,09	574,58	10,64	17,53	15,07	18,58	63721,7	79	0,0400
MDCP d	T 5	11,75	494,12	10,43	18,11	12,4	20,58	29016,13	59,3	0,0504
MDCP d	T 6	8,09	313,98	6,58	13,66	7,46	12,01	18254,72	42,45	0,0291
MDCP e	T 2	11,58	517,02	9,16	15,8	14,72	19,17	52634,36	75,15	0,049
MDCP e	T 3	11,24	337,06	9,51	16,99	14,38	17,35	63252,16	55,05	0,0375
MDCP e	T 4	12,98	565,55	10,79	17,84	15,97	19,47	60671,79	78,03	0,0400
MDCP e	T 5	11,55	471,34	10,67	16,48	11,39	19,75	26336,64	53,34	0,0729
MDCP e	T 6	9,85	445,53	8,92	16,44	12,19	17,49	20364,31	58,72	0,0369
MD 01 d	T 2	11,24	585,6	8,97	15,17	13,34	18,86	49563,86	85,97	0,107
MD 01 d	T 3	12,24	429,95	9,85	17,51	14,03	17,4	50043,05	62,45	0,0461
MD 01 d	T 4	13,85	676,19	11,7	18,19	16,34	20,8	53265,83	83,29	0,0500
MD 01 d	T 5	13,1	574,77	10,47	18,73	14,71	20,4	33049,71	67,59	0,063
MD 01 d	T 6	7,59	289,85	7,39	13,16	7,52	12,39	20761,28	41,89	0,0253
MD 01 e	T 2	12,19	612,68	9,57	16,32	15,47	21,61	70002,11	86,44	0,058
MD 01 e	T 3	13,82	520,87	11,41	19,88	16,9	21,61	65435,71	70,41	0,0679
MD 01 e	T 4	12,05	448,74	9,15	16,2	14,97	16,86	46018,18	73,26	0,0400
MD 01 e	T 5	13,28	635,87	11,43	20,32	15,65	23,31	35888,8	73,05	0,055
MD 01 e	T 6	8,31	297,53	6,27	13,64	7,84	12,76	17110,21	42,22	0,0260
MD 02	T 0	6,36	295,17	12,16	15,4	9,73	11,1	19983,93	92,66	0,0395
MD 02 d	T 2	8,78	245,24	6,91	11,49	9,49	12,97	49179,44	54,9	0,031
MD 02 d	T 3	10,84	287,5	9,05	16,65	14,31	17,1	64865,24	59,37	0,0473
MD 02 d	T 4	11,53	388,16	9,37	15,93	15,01	16,73	62638,36	69,16	0,0300

Localidade	Trimestre	Cobalto (mg.kg <sup>-1</sup> )	Manganês (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cromo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Níquel (mg.kg <sup>-1</sup> )	Chumbo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cobre (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ferro (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zinco (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mercúrio (mg.kg <sup>-1</sup> )
MD 02 d	T 5	6,58	265,52	7,26	10,96	6,61	9,84	18975,63	40,18	0,0321
MD 02 d	T 6	10,09	415,19	7,76	16,38	10,25	17,01	20221,97	50,17	0,0313
MD 02 e	T 2	11,82	473,45	8,93	15,36	14,65	19,87	55940,71	73,58	0,091
MD 02 e	T 3	15,13	623,63	11,47	20,54	16,04	22,75	61161,55	66,27	0,0634
MD 02 e	T 4	12,08	535,15	9,19	16,11	15,04	16,43	47890,37	73,58	0,0400
MD 02 e	T 5	13,23	827,6	12,26	21	16,2	22,16	34511,57	81,08	0,0876
MD 02 e	T 6	11,35	541,32	8,50	19,43	14,43	21,90	24427,09	71,51	0,0487
MD 03	T 0	10,92	578,2	20,23	22,8	18,12	19,97	26584,04	109,62	0,0515
MD 03 d	T 2	12,32	544,01	8,87	16,65	14,67	20,9	63043,33	78,22	0,051
MD 03 d	T 3	14,33	478,82	10,44	20,19	17,33	20,97	70853,99	73,5	0,0536
MD 03 d	T 4	10,72	347,64	8,88	14,53	12,18	13,69	51421,06	62,54	0,0300
MD 03 d	T 5	9,09	322,44	7,81	13,26	8,69	12,66	21484,87	49,1	0,0513
MD 03 d	T 6	9,73	473,71	8,80	16,36	11,09	17,03	31296,95	60,56	0,0347
MD 03 e	T 2	8,65	271,37	6,54	11,25	9,06	12,86	44132,25	55,54	0,033
MD 03 e	T 3	13,76	557,09	10,13	19,29	16,58	20,97	75513,2	73,88	0,051
MD 03 e	T 4	9,86	314,64	8,2	13,2	11,08	12,88	49555,09	52,7	0,0300
MD 03 e	T 5	10,99	521,03	9,77	16,1	11,03	16,01	26109,37	58,99	0,0515
MD 03 e	T 6	8,95	370,83	9,14	15,27	9,63	16,88	26195,95	49,38	0,0320
MD 04 d	T 2	12,18	483,15	8,96	15,95	17,71	19	69772,81	79,16	0,0443
MD 04 d	T 3	10,26	327,81	6,07	13,86	10,74	12,01	37528,59	50,64	0,0316
MD 04 d	T 4	12,65	500,08	10,22	17,2	15,08	17,7	49696,56	72,57	0,0400
MD 04 d	T 5	11,39	551,97	10,62	16,26	13,86	18,73	31081,12	64,18	0,0736
MD 04 e	T 2	9,73	299,04	7,79	12,8	11,62	14,63	51415,58	58,37	0,1281
MD 04 e	T 3	11,98	284,07	7,22	16,57	13,81	15,58	31834,67	54,74	0,0407
MD 04 e	T 4	10,36	317,45	8,5	13,92	11,56	12,33	47388,24	60,95	0,0300
MD 04 e	T 5	9,2	382,6	8,51	13,32	9,28	13,21	23569,42	50,68	0,0296
MD 04 e	T 6	9,27	337,60	8,52	15,96	11,25	16,92	27856,10	54,13	0,0297

Localidade	Trimestre	Cobalto (mg.kg <sup>-1</sup> )	Manganês (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cromo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Níquel (mg.kg <sup>-1</sup> )	Chumbo (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cobre (mg.kg <sup>-1</sup> )	Ferro (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zinco (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mercúrio (mg.kg <sup>-1</sup> )
<b>Média</b>		<b>11,09</b>	<b>447,99</b>	<b>9,57</b>	<b>16,35</b>	<b>13,15</b>	<b>17,35</b>	<b>43156,35</b>	<b>66,36</b>	<b>0,0482</b>
<b>DP</b>		<b>1,97</b>	<b>128,30</b>	<b>2,33</b>	<b>2,60</b>	<b>3,02</b>	<b>3,53</b>	<b>17461,11</b>	<b>15,32</b>	<b>0,0203</b>
<b>Máx.</b>		<b>15,13</b>	<b>827,6</b>	<b>20,23</b>	<b>22,8</b>	<b>18,35</b>	<b>23,31</b>	<b>75513,2</b>	<b>109,62</b>	<b>0,1281</b>
<b>Min.</b>		<b>6,36</b>	<b>245,24</b>	<b>6,07</b>	<b>10,96</b>	<b>6,61</b>	<b>9,84</b>	<b>17110,21</b>	<b>40,18</b>	<b>0,0296</b>
<b>* Referência</b>	<b>CETESB</b>	<b>ND</b>	<b>ND</b>	<b>90</b>	<b>-</b>	<b>91,3</b>	<b>197</b>	<b>ND</b>	<b>315</b>	<b>0,486</b>
<b>** EIA/RIMA</b>	<b>RioMadeira</b>	<b>8,21</b>	<b>396,05</b>	<b>6,89</b>	<b>-</b>	<b>7,31</b>	<b>13,35</b>	<b>32459,3</b>	<b>69,29</b>	<b>0,041</b>
<b>**EIA/RIMA</b>	<b>Rio Beni</b>	<b>6,78</b>	<b>216,23</b>	<b>5,79</b>	<b>-</b>	<b>5,53</b>	<b>11,18</b>	<b>24923,12</b>	<b>52,7</b>	<b>0,018</b>
<b>** EIA/RIMA</b>	<b>Rio Mamoré</b>	<b>7,11</b>	<b>260,72</b>	<b>6,04</b>	<b>-</b>	<b>5,9</b>	<b>8,50</b>	<b>24513,06</b>	<b>54,99</b>	<b>0,016</b>

\*Valores de referência (CETESB,2006)

\*\*Valores encontrados EIA/RIMA – 2004



## CAPÍTULO IV

### IV.1. Solos (SL)

A seguir são apresentadas as concentrações de elementos químicos (Pb, Cd, Cr, Zn, Mn, Fe, Co e Ni) nos solos da área de influência do empreendimento UHE - Santo Antonio em conformidade com o plano de trabalho do projeto Hidrobiogeoquímica sobre o Mercúrio e outros Elementos Traço no rio Madeira.

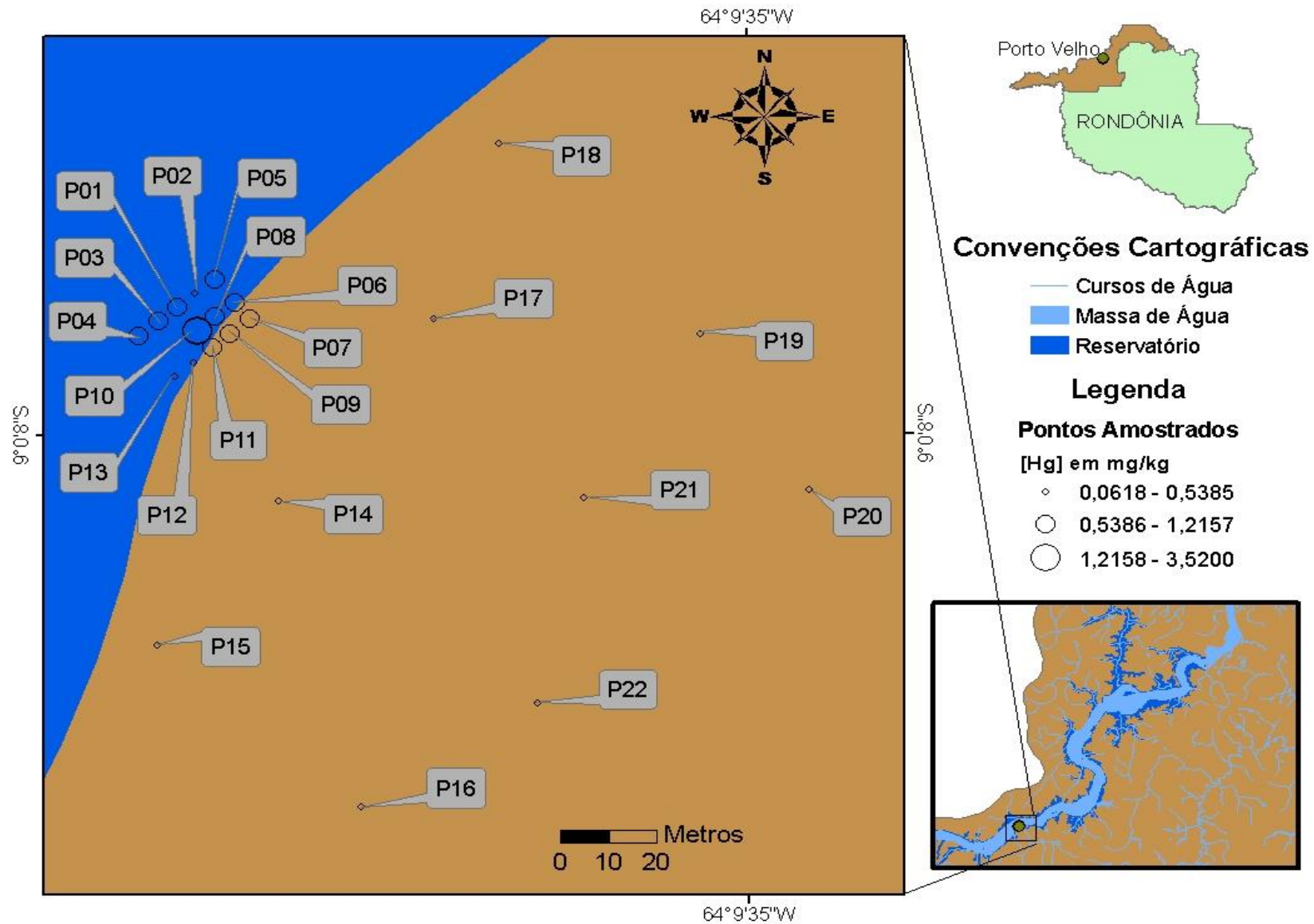
Entre as trinta estações de perfis verticais de solos amostradas, verificou-se na estação de monitoramento do perfil 19, localizada na margem direita do rio Madeira nas proximidades da comunidade de Morrinhos, que o horizonte orgânico apresentou concentração de mercúrio mais elevada que os demais horizontes sub superficiais da mesma estação. Este ponto também apresentou concentração de Hg superior às demais estações de monitoramento e dos resultados pretéritos encontrados na região.

Conforme descrito no relatório anterior, os resultados encontrados foram inconclusivos, sendo necessária nova amostragem. Esta foi realizada em agosto de 2010 pelos biólogos Márcio Rodrigues Miranda, Dario Pires de Carvalho e Igor Bruno Barbosa de Holanda, acompanhados pelo motorista da Santo Antônio Energia (Emerson).

De acordo com a proposta sugerida para a nova coleta, seguindo o protocolo da CETESB, foi realizada uma malha de amostragem triangular. A definição da área de coleta se deu a partir do ponto de maior concentração de Hg (ponto 10, figura IV.1). Foi realizada uma amostragem no horizonte orgânico (0-15cm) do ponto 10, para nova avaliação da concentração de Hg, assim como em uma área de aproximadamente 1,3 hectares totalizando mais 9 novos pontos de coleta.

O desenho amostral da área em questão engloba a primeira amostragem de 200 m<sup>2</sup> (ponto 1 ao ponto 13) caracterizado com distribuição sistemática de adensamento de ponto e uma visão da distribuição espacial do Hg em malha triangular (ponto 14 ao ponto 22). O desenho amostral está representado na figura IV.1.

LABORATÓRIO  
BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL  
Wolfgang C. Pfeiffer



**Figura IV.1.** Pontos adensados de coletas (P1 a P13), pontos de malha triangular (P14 a P22) e a concentração de Hg em  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . O ponto 1 é referente ao perfil 19 na região de Morrinhos.

Os resultados encontrados nesta nova avaliação demonstraram que a concentração de Hg no ponto 10 manteve-se a mesma encontrada na coleta anterior (Tabela IV.1). Diante da amostragem espacial não foram encontrados valores elevados da concentração do Hg na malha triangular, entretanto, o valor de Hg do ponto 18 (0,4187 mg Hg.kg<sup>-1</sup>), sugere a necessidade de um novo desenho amostral na área, envolvendo pontos a jusante do *hot spot* com objetivos de mapear o tamanho da área para propor medidas.

Propõem-se um esquema de coleta com malha de amostragem adensada, visto que ocorre um possível direcionamento ao longo da margem do rio Madeira, assim como a realização de um perfil vertical de aproximadamente 1,50 metros no ponto 10, para avaliarmos a mobilização do elemento ao longo deste perfil, para certificarmos que seja apenas uma contaminação superficial do solo.

**Tabela IV.1.** Concentração de Hg por pontos amostrados.

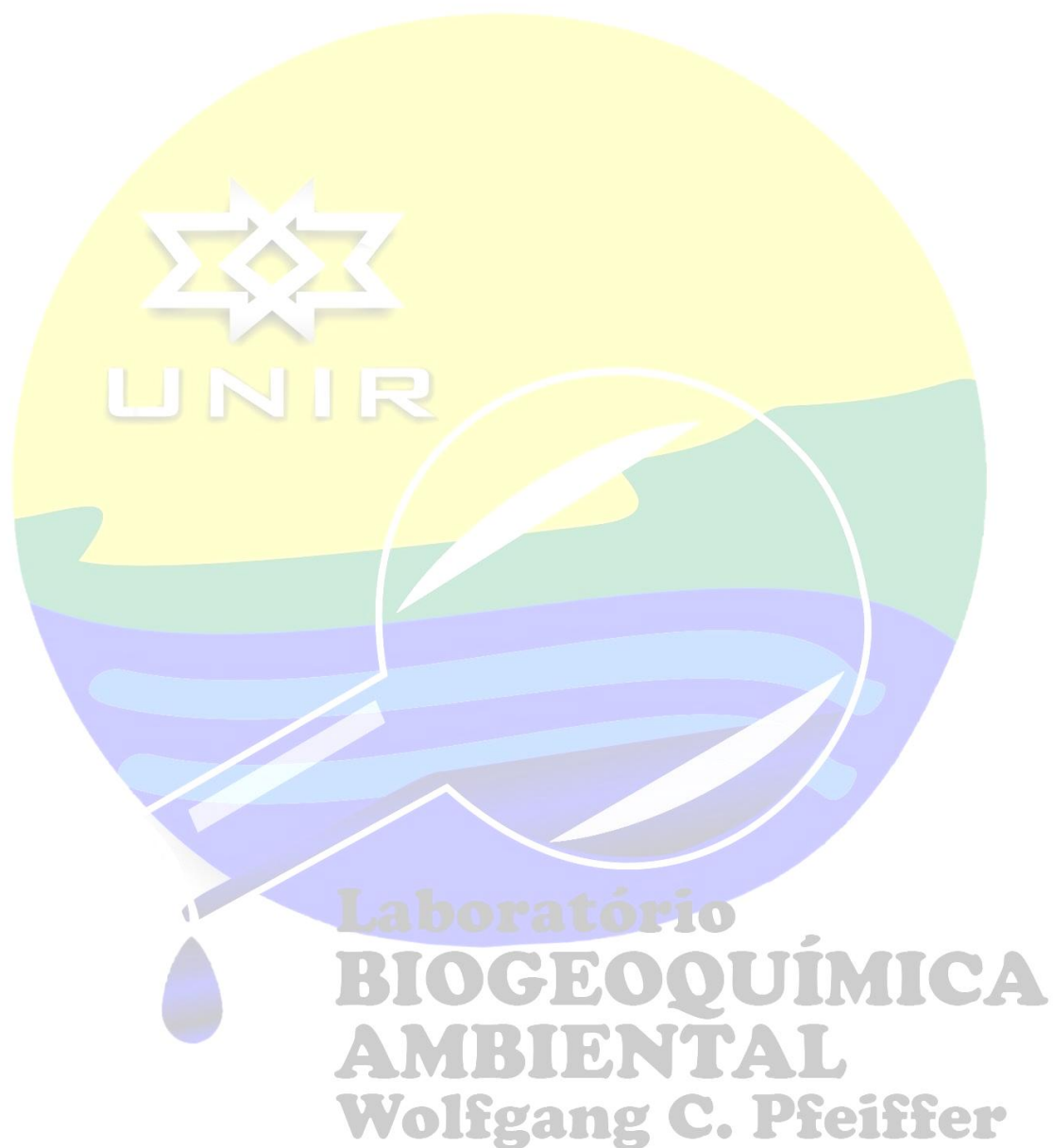
Código de Laboratório	Código de Campo	Mercurio (mg.kg <sup>-1</sup> )
SLMD 16227	PONTO 1	0,8518
SLMD 16228	PONTO 2	0,5385
SLMD 16229	PONTO 3	1,0791
SLMD 16230	PONTO 4	0,7745
SLMD 16231	PONTO 5	1,1089
SLMD 16232	PONTO 6	0,9559
SLMD 16233	PONTO 7	0,8659
SLMD 16234	PONTO 8	0,9657
SLMD 16235	PONTO 9	1,2157
<b>SLMD 16236</b>	<b>PONTO 10</b>	<b>3,2280</b>
SLMD 16237	PONTO 11	0,9156
SLMD 16238	PONTO 12	0,4183
SLMD 16239	PONTO 13	0,2814
<b>SLMD 18494</b>	<b>PONTO 10 A</b>	<b>3,5186</b>
SLMD 18495	PONTO 14	0,0838
SLMD 18496	PONTO 15	0,0813
SLMD 18497	PONTO 16	0,0683
SLMD 18498	PONTO 17	0,1901
SLMD 18499	PONTO 18	0,4187
SLMD 18500	PONTO 19	0,1009
SLMD 18501	PONTO 20	0,0881
SLMD 18502	PONTO 21	0,0851
SLMD 18503	PONTO 22	0,0670
*Relatório 2010	Tributários	0,1156
*Relatório 2010	Rio Madeira	0,0794
** EIA/RIMA	Rio Madeira	0,0854
**EIA/RIMA	Rio Jaci-Paraná	0,0923
**EIA/RIMA	Rio Mutum	0,0757
**EIA/RIMA	Rio Abunã	0,0449

\*Relatório Consolidado (período Março – Agosto 2009).

\*\* EIA/RIMA 2004.



Diante do exposto até o momento, a concentração de Hg sugere um passivo ambiental proveniente das atividades antrópicas relacionadas ao garimpo de ouro. A extensão da área contaminada ainda necessita de uma melhor avaliação para propor plano de ações. As altas concentrações de mercúrio encontradas nos solos reafirmam a necessidade de monitoramento não somente na fase de pré-enchimento, mas também de pós-enchimento, para avaliarmos as possíveis alterações sócio-ambientais que elas podem causar.



## CAPÍTULO V

### V.1. Plâncton (Séston)

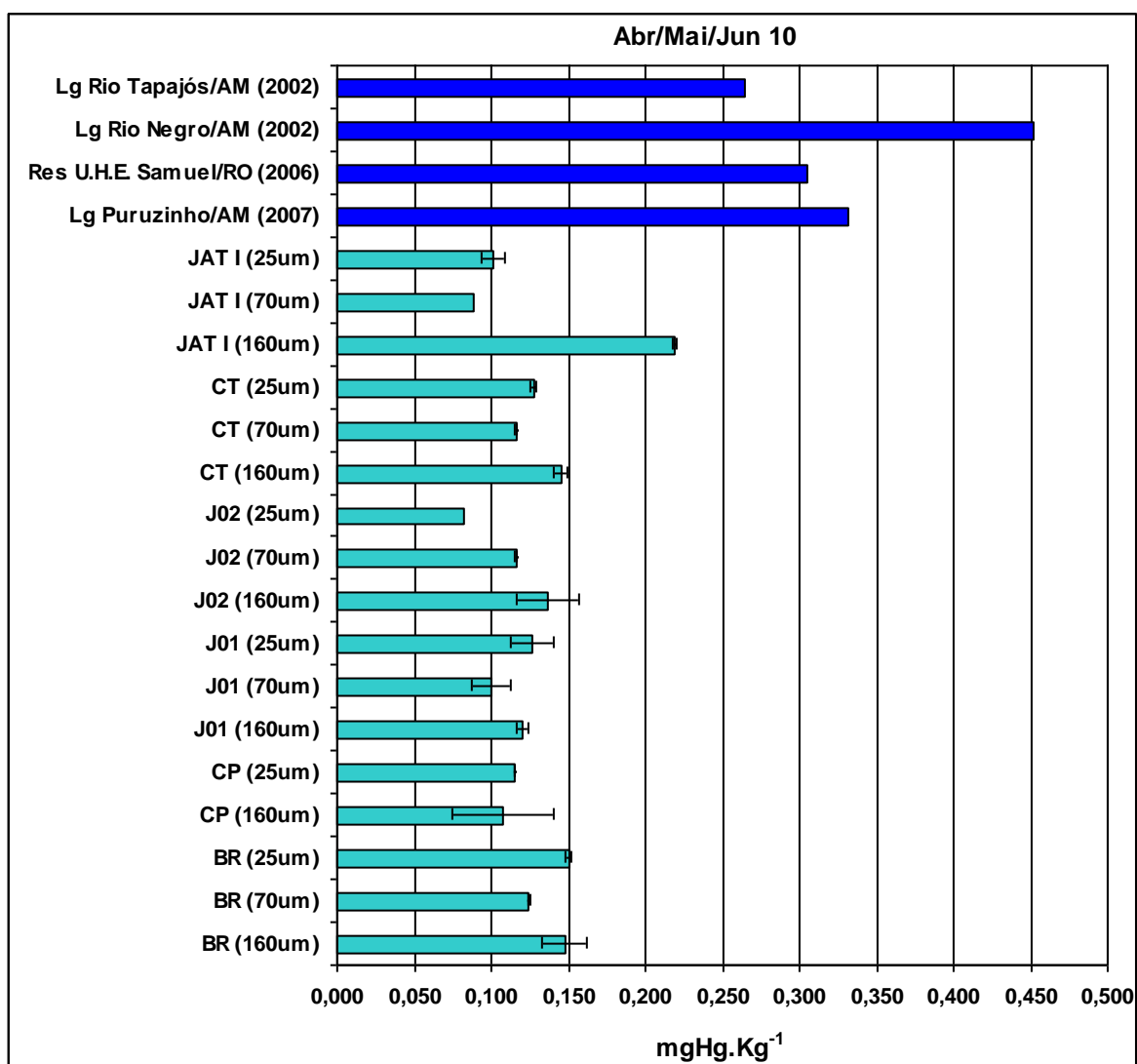
Com relação aos valores de Hg encontrados no plâncton de 25, 70 e 160 $\mu$ m coletados no 5º trimestre deste estudo (abril, maio e junho de 2010), foi possível verificar que os valores de mercúrio encontrados se mantiveram em concentrações semelhantes as encontradas no plâncton coletado nos trimestres anteriores. Não foi registrado nenhum valor que esteja acima dos valores médios encontrado na região Amazônica, como apresentado na figura V.1.

As amostras de plâncton coletadas no 6º trimestre (julho, agosto e setembro de 2010) encontram-se em fase de análise laboratorial. Com o objetivo de reduzir a influência do material particulado de origem orgânica e inorgânica que adentra as redes de plâncton no momento da coleta destes organismos, as amostras foram passadas por uma rede de 290 $\mu$ m de malha, retirando as partículas maiores que 290 $\mu$ m.

Quando a densidade de copépodos (zooplâncton) é maior em uma dada coleta, como ocorreu no 5º e 6º trimestres, uma fração destes organismos é separada manualmente para a análise de mercúrio, dados estes que serão apresentados no próximo relatório.



**Laboratório**  
**BIOGEOQUÍMICA**  
**AMBIENTAL**  
**Wolfgang C. Pfeiffer**



**Figura V.1.** Concentração média de Hg e porcentagem de matéria orgânica presente nas amostras de seston referentes ao trimestre abril, maio e junho e dados comparativos de outros trabalhos realizados na região amazônica. JAT I: Igarapé Jatuarana Montante; CT: Rio Contra; J02: Rio Jaci-Paraná Foz; J01: Rio Jaci-Paraná Meandro; CP: Rio Caripunas; BR: Rio Branco.

## CAPITULO VI

### VI.1. Macroinvertebrados

As concentrações de mercúrio (Hg) em macroinvertebrados têm sido avaliadas por vários autores devido ao fato desses organismos estarem expostos aos riscos de contaminação e intoxicação por este elemento. *Macrobrachium brasiliense*, *Macrobrachium depressimanum* e *Macrobrachium jelskii* são espécies de camarões, sem valor comercial, mas que constituem uma rota potencial de transferência de mercúrio ao longo da cadeia alimentar, principalmente para os peixes comerciais que delas se alimentam, por isso, o interesse em utilizá-las como bioindicadoras e biomonitoras da contaminação por Hg na área de influência direta e indireta do reservatório da Usina Hidrelétrica Santo Antônio.

No período de julho a setembro de 2010, 579 espécimes de camarões, 03 baratas d'água e 01 larva de libélula foram coletados com auxílio de rede de arraste (7 mm entre nós adjacentes), sendo que se padronizou um esforço de procura de 10 minutos para o peneiramento do sedimento e da vegetação aquática marginal em todos os pontos de monitoramento no rio Madeira e seus tributários. Foram amostrados camarões apenas no rio Madeira em frente ao igarapé Jatuarana I (MDJT), Rio Branco (RB), Rio Jaci-Paraná Foz (J01) e Rio Contra (CT). A tabela VI.1 apresenta as espécies e a quantidade de macroinvertebrados amostradas em suas respectivas estações de coleta durante o trimestre julho-setembro/2010.

**Tabela VI.1.** Espécies de macroinvertebrados amostradas por localidade no período julho a setembro de 2010.

Localidade	Espécie	Nome vulgar	n
Rio Madeira em frente ao Igarapé Jatuarana I	<i>Macrobrachium depressimanum</i>	Camarão	502
Rio Branco	<i>Macrobrachium jelskii</i>	Camarão	15
Rio Jaci-Paraná Foz	<i>Macrobrachium jelskii</i>	Camarão	62
Rio Contra	#	Barata d'água	03
Rio Contra	#	Larva de libélula	01

# Não foi identificada a espécie, em virtude dos espécimes em questão serem juvenis.

### VI.2. ETAPAS REALIZADAS

Em laboratório, os macroinvertebrados foram lavados com água deionizada (Figura VI.1), identificados quanto à espécie com auxílio de uma lupa estereoscópica (modelo Leica Zoom 2000) (Figura VI.2), conforme as chaves e descrições disponíveis em Holthuis (1952) e García-Dávila &

Magalhães (2003). Após a identificação, as amostras foram separadas por espécie (Figura VI.3), medidos quanto ao comprimento total (cm), da extremidade do rostrum a porção posterior do telson, utilizando um paquímetro de aço, 150mm x 0,02mm REF – 8069 Brasfort ® (Figura VI.4). Esses indivíduos foram armazenados em freezer (-18°C) até o dia da análise.



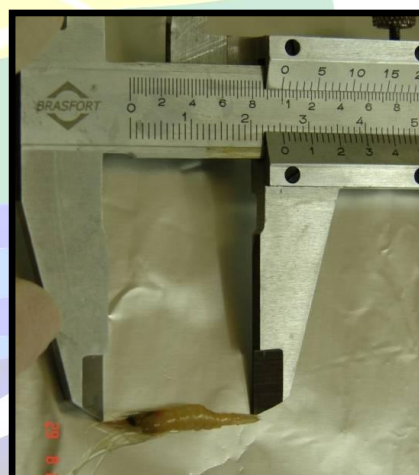
**Figura VI.1.** Lavagem dos camarões com água deionizada.



**Figura VI.2.** Identificação.



**Figura VI.3.** Separação dos camarões por espécie.



**Figura VI.4.** Medição dos camarões da ponta do rostrum a porção posterior do telson.

### VI.3. PRÓXIMAS ETAPAS

Os macroinvertebrados estão sendo pesados em balança analítica e digeridos no forno de microondas específico para digestão de amostras utilizando-se de 1 mL de  $H_2O_2$ , 3 mL de  $HNO_3$  e 3 mL  $KMnO_4$  (Adaptado de BASTOS, 1997). A quantificação de Hg será realizada pela técnica de espectrofotometria de absorção atômica por geração de vapor frio.

## CAPÍTULO VII

### VII.1. Macrófitas

As macrófitas aquáticas constituem importante comunidade em ecossistemas aquáticos devido à abundância, altas taxas de produtividade primária e sua contribuição para a biodiversidade (CAMARGO & ESTEVES, 1995). Segundo Esteves (1998), as macrófitas possuem importantes funções para a manutenção do equilíbrio de ambientes aquáticos, pois apresentam capacidade de adaptação às variações do meio e proliferam rapidamente atuando na proteção, estabilização das margens de rios, além de reduzir os efeitos da erosão. A fisiologia das macrófitas aquáticas, confere a essas plantas o papel serem utilizadas como bioindicadoras e biomonitoras da contaminação por elementos-traço em ambientes aquáticos.

No período de julho a setembro de 2010, 11 macrófitas aquáticas foram coletadas em 05 pontos na área de influência direta e indireta da futura Usina Hidrelétrica de Santo Antônio pelo Programa de Limnologia (Tabela VII.1).

**Tabela VII.1.** Quantidade de macrófitas amostradas por localidade no período de julho a setembro de 2010.

<b>Localidade</b>	<b>n</b>
Lago Cuniã	03
Canal Cuniã	02
Lago São Miguel	01
Rio Madeira-montante	03
Lago Cujubim	02
<b>Total</b>	<b>11</b>

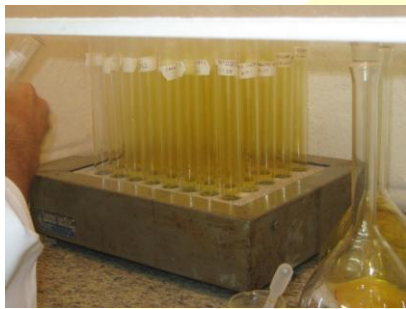
Após a amostragem, as macrófitas foram lavadas com água deionizada (a fim de remover detritos, invertebrados ou outros materiais que viessem a interferir nas concentrações dos elementos químicos), secas em estufas a 40 °C e trituradas em liquidificador (Figuras VII.1 e VII.2). Pesou-se em balança analítica (Modelo AM 220), 0,5 g de cada amostra em duplicata para a determinação de Hg total, cuja extração foi realizada adicionando-se 2 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e 6 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado, onde estiveram até a completa solubilização das amostras, em bloco digestor, a 100°C (Adaptado de BASTOS, 1997). Após as amostras terem esfriado, adicionou-se 6 mL de KMnO<sub>4</sub> 5%. As amostras permaneceram em repouso (Figura VII.3). No dia seguinte, adicionou-se, por titulação, gotas de NH<sub>2</sub>.OH.HCL 12% e filtrou-se as amostras aferindo-se a um volume final de 11 mL. As concentrações de Hg total foram obtidas pelo espectrofotômetro de absorção atômica com geração de vapor frio (FIMS-400, Perkin-Elmer).



**Figura VII.1.** Amostras secando em estufa a 40° C.



**Figura VII.2.** Trituração e peneiramento das amostras.



**Figura VII.3.** Extração química das amostras em bloco digestor.



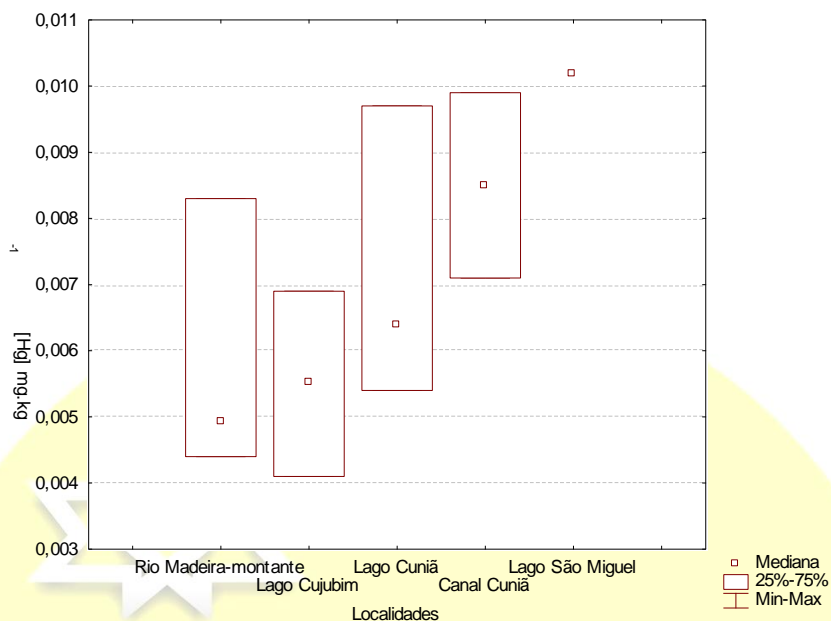
**Figura VII.4.** Calcinação das amostras.



**Figura VII.5.** Extração química das amostras em chapa quente.

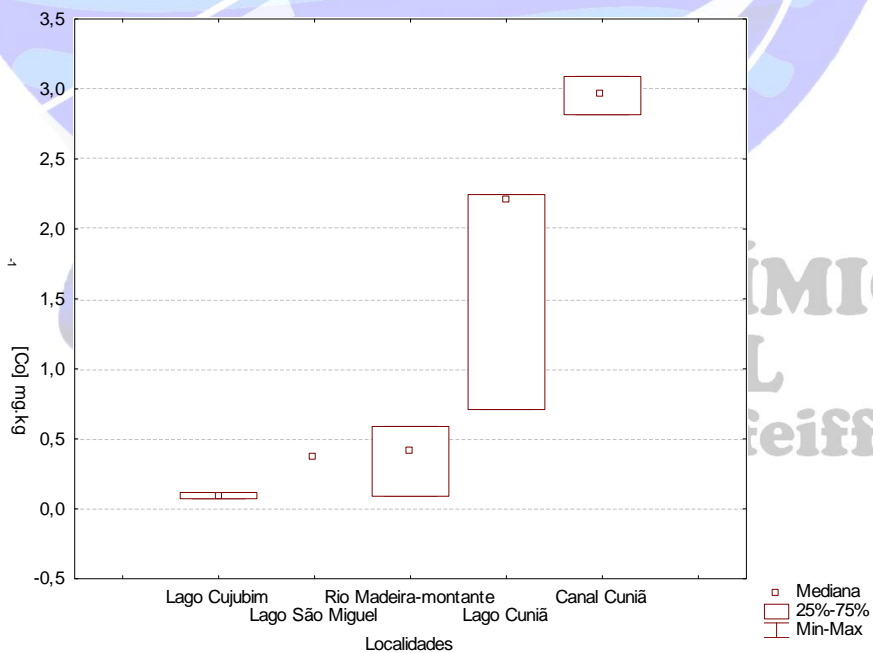
Para os demais elementos traço (Cd, Co, Cu, Cr, Pb, Zn, Fe, Mn, Ni), pesou-se 5g de amostra, também em duplicata, que foram primeiramente calcinadas por 24 hs, em forno mufla (EDG equipamentos) (Figura VII.4), em seguida realizou-se a extração química adicionando-se 1 mL de água ultra pura (MiliQ) e 3 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado. Essas amostras permaneceram em chapa quente até sua completa evaporação, para posteriormente ser adicionado 10 mL HCL concentrado, mais uma vez as amostras permaneceram em chapa quente até total evaporação (Figura VII.5). Finalmente adicionou-se 12 mL de HCL 0,1% e as amostras foram filtradas em filtros (Prolab) e aferidas a um volume final de 12 mL. As concentrações de Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Fe, Zn, Ni, Co foram obtidas pelo espectrofotômetro de absorção atômica por chama.

A figura VII.6 apresenta as concentrações de Hg em  $\text{mg.kg}^{-1}$ , nas macrófitas aquáticas por localidade.



**Figura VII.6.** Concentração de Hg ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) em macrófitas aquáticas por localidades.

As figuras VII.7 a VII.14 apresentam as concentrações de Co, Mn, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe e Zn, respectivamente, em  $\text{mg.kg}^{-1}$ . As concentrações de Mn em Zn foram transformadas utilizando o algoritmo *ln*, em virtude das concentrações destes elementos terem sido superiores às dos demais elementos traço.



**Figura VII.7.** Concentração de Co ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) em macrófitas aquáticas por localidades.





Figura VII.8. Concentração de Mn (mg.kg<sup>-1</sup>) em macrófitas aquáticas por localidade.

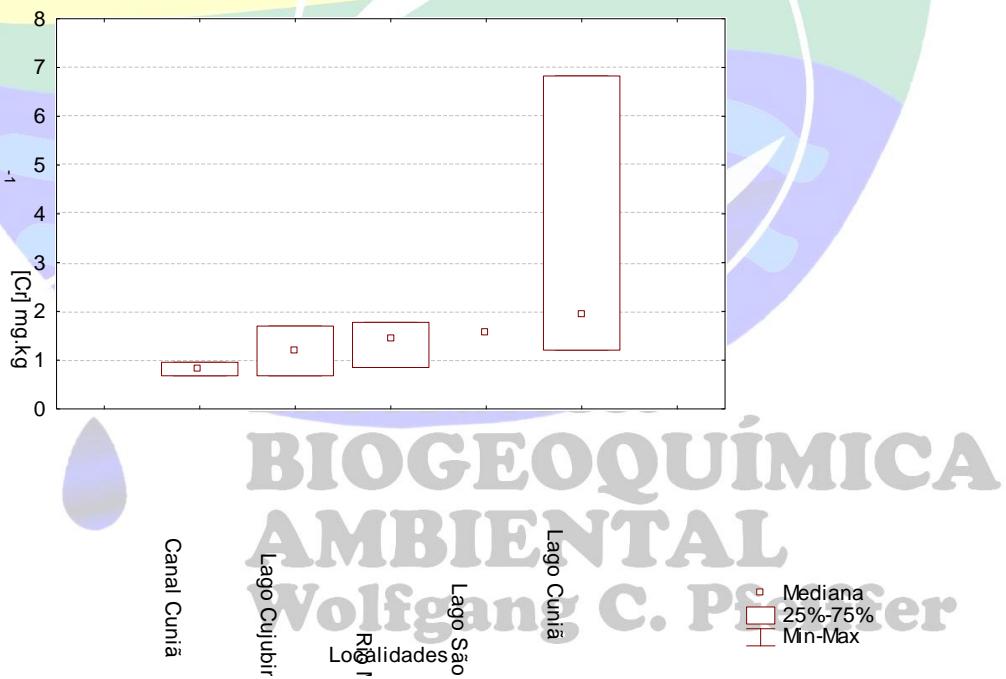
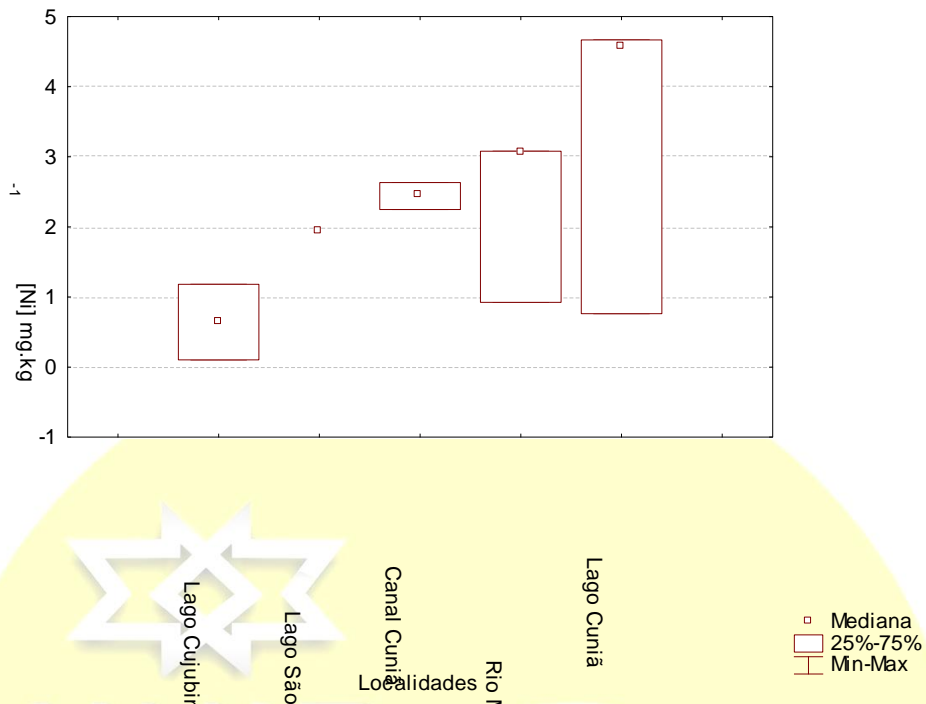
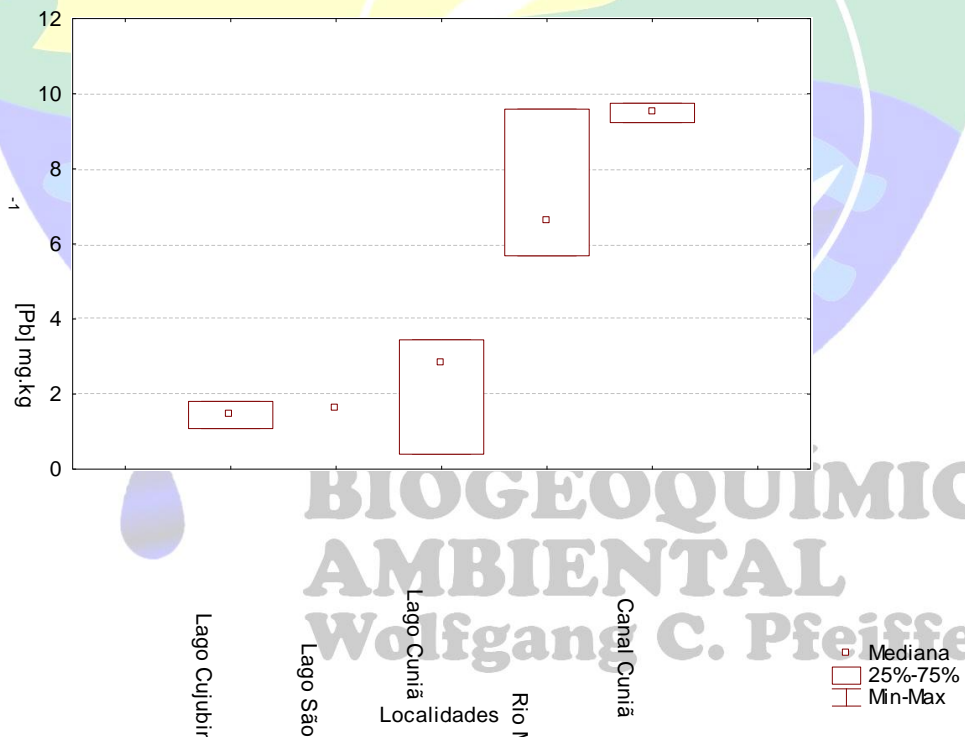


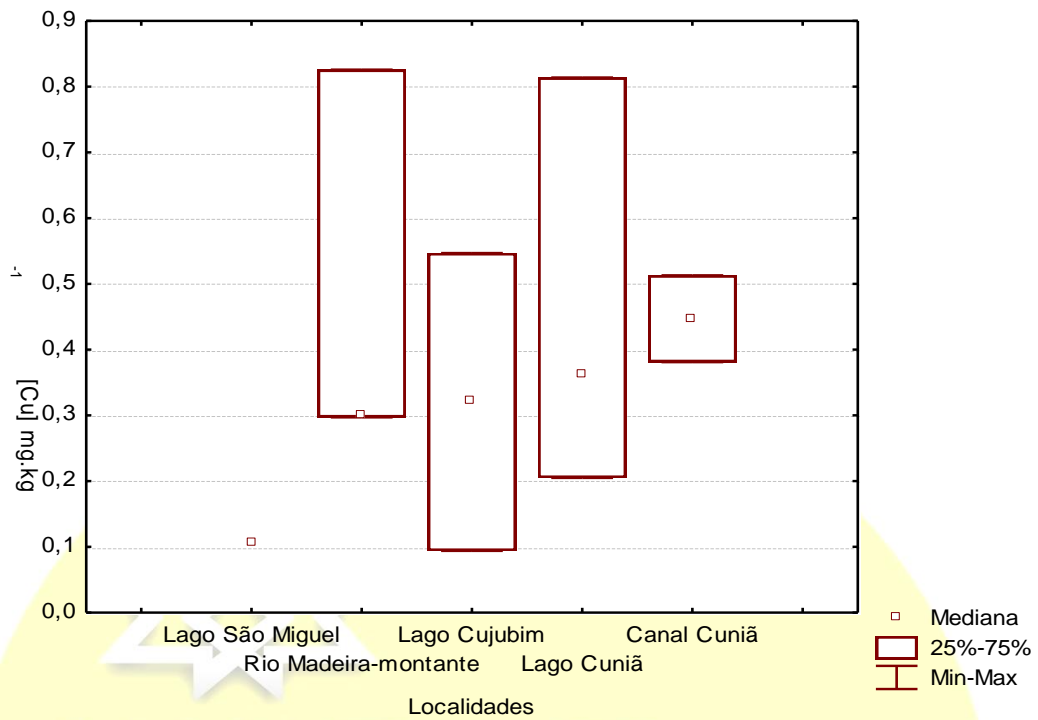
Figura VII.9. Concentração de Cr (mg.kg<sup>-1</sup>) em macrófitas aquáticas por localidade.



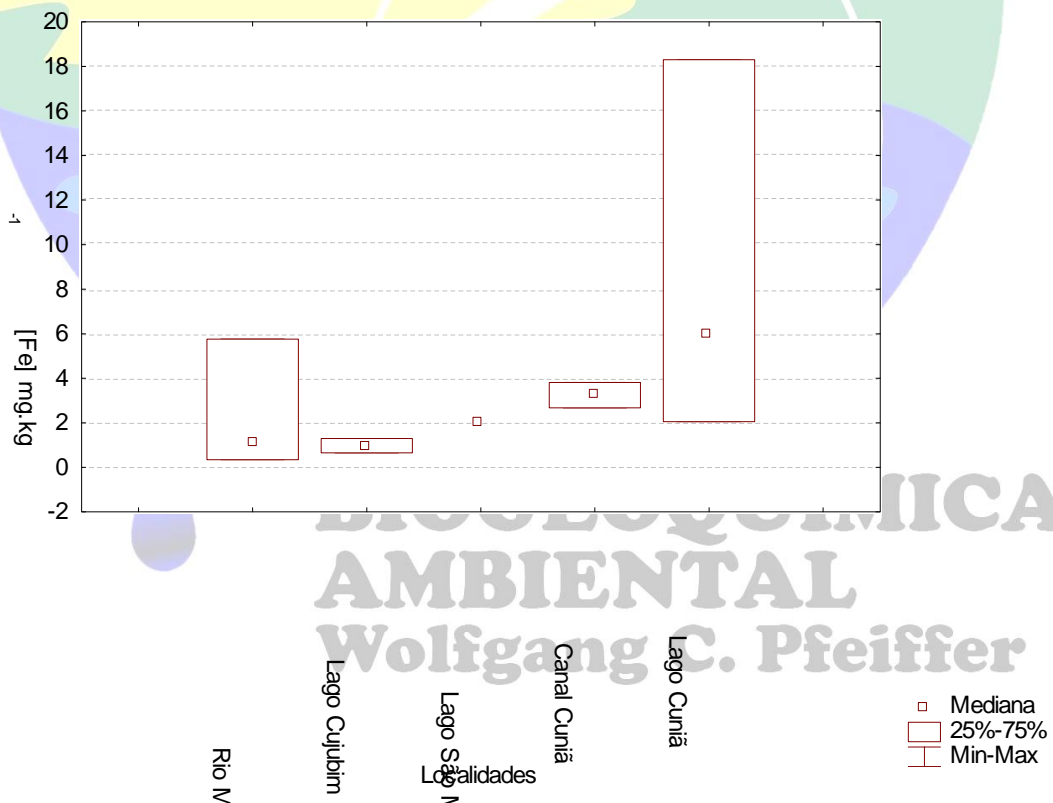
**Figura VII.10.** Concentração de Ni ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) em macrófitas aquáticas por localidade.



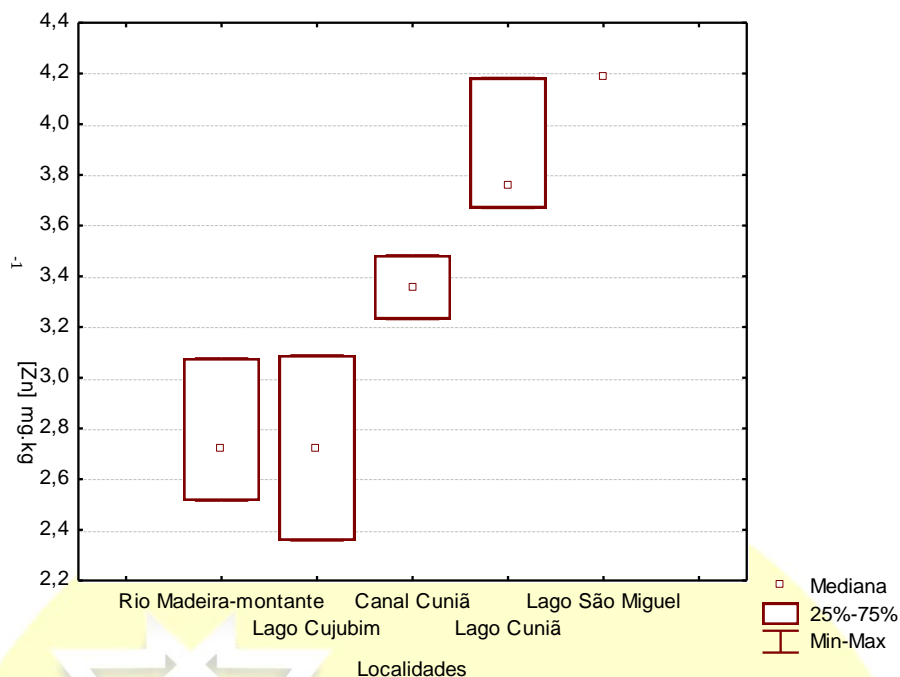
**Figura VII.11.** Concentração de Pb ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) em macrófitas aquáticas por localidade.



**Figura VII.12.** Concentração de Cu ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) em macrófitas aquáticas por localidade.



**Figura VII.13.** Concentração de Fe ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) em macrófitas aquáticas por localidade.



**Figura VII.14.** Concentração de Zn ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) em macrófitas aquáticas por localidade.

De uma forma geral, as macrófitas analisadas apresentaram concentrações de mercúrio total condizente com áreas não contaminadas, embora as concentrações encontradas tenham sido superiores as do EIA-RIMA ( $0,0005 - 0,0020 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). As concentrações dos demais elementos traço (Co, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn, Fe e Mn) também apresentaram-se condizentes com a de áreas não contaminadas, embora as concentrações encontradas para alguns elementos também tenham sido superiores as do EIA-RIMA (Cu =  $8,87 \text{ mg.kg}^{-1}$ , Cr =  $0,64 \text{ mg.kg}^{-1}$ , Zn =  $25,26 \text{ mg.kg}^{-1}$  e Mn =  $321,41 \text{ mg.kg}^{-1}$ ).

Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
 AMBIENTAL**  
 Wolfgang C. Pfeiffer

## CAPÍTULO VIII

### VIII.1. Peixes

As amostras de peixes foram coletadas através da integração com o Programa de Ictiologia. Alíquotas do tecido muscular dos indivíduos foram retiradas ao final de cada despesca no Laboratório de Ictiofauna de Pesca/UNIR, onde se obtém também as informações de identificação, assim como dados biométricos das diversas espécies de peixes coletados. Esta atividade se iniciou em outubro de 2009 devido ao atraso na obtenção de autorização do IBAMA para a utilização dos tecidos musculares para este fim.

Através dessa parceria com o laboratório de Ictiologia, também foram coletados músculos das cabeças dos grandes bagres migradores da Sub-Bacia do Rio Madeira, visto que o programa de Ictiologia desenvolve projetos com otólitos desses bagres, temos a oportunidade de coletar o tecido muscular de diferentes localidades. Optamos por essa oportunidade devido à dificuldade desses animais ficarem presos nas malhadeiras do programa de Ictiologia, atendendo desse modo aos regulamentos do PBA.

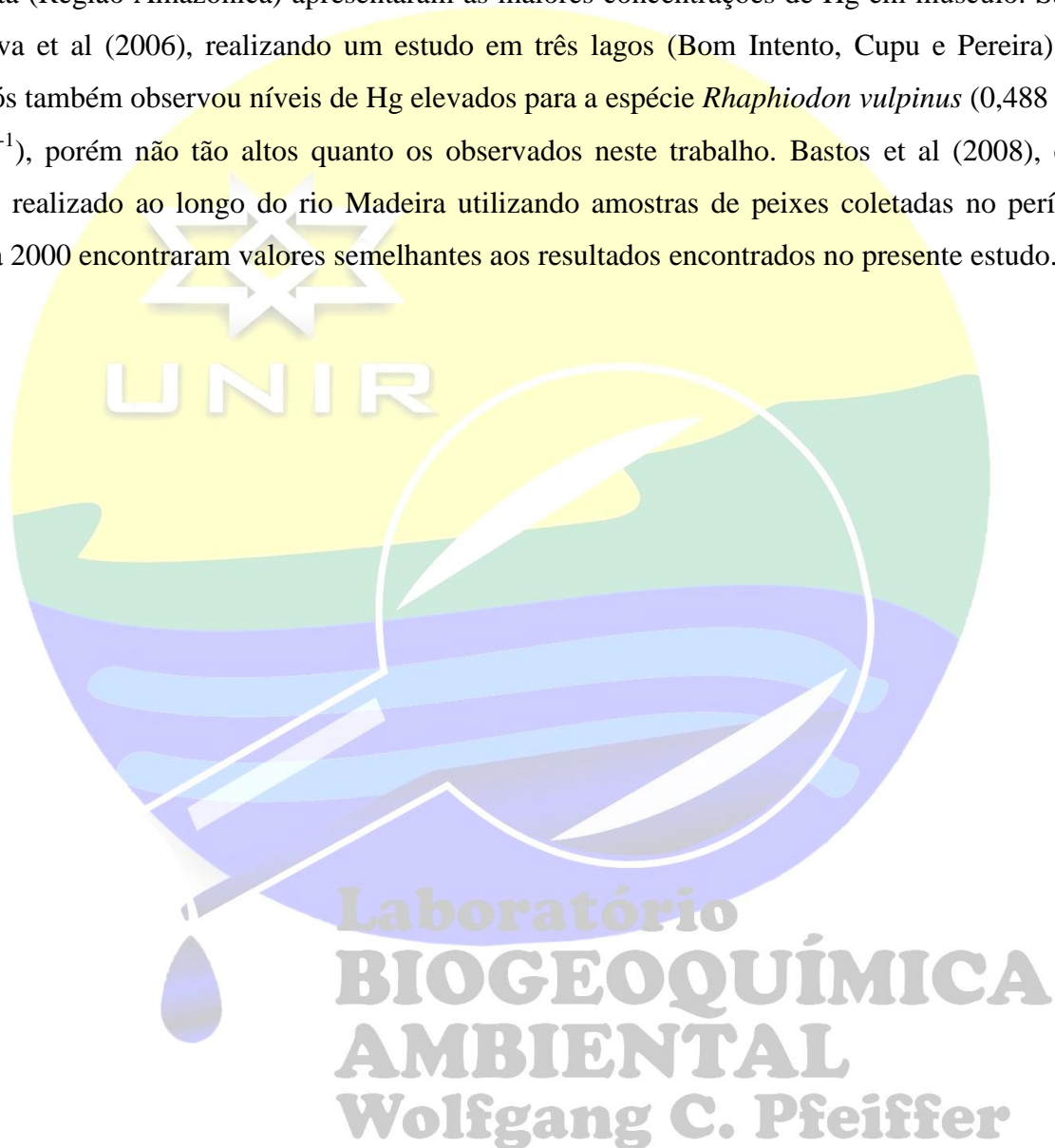
Para determinação de Hg, as amostras foram descongeladas e pesadas em balança de precisão. Para os carnívoros pesou-se cerca de 0,200 g (peso fresco) e os não carnívoros pesou-se cerca de 0,400 g (peso fresco). Para o controle de qualidade analítico utilizou-se uma amostra de referência certificada (DORM-2, NRC-Canadá).

A digestão química foi realizada seguindo-se os métodos de Bastos et al (1998), onde foram colocados nas amostras  $\text{H}_2\text{O}_2$  concentrado e solução sulfunídrica 1:1 ( $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4$ ), colocou-as em blocos digestores a temperatura de  $70^\circ\text{C}$  por 30 min e, em seguida foi colocada solução de  $\text{KMnO}_4$  a 5 % e devolveu-as ao bloco digestor por mais 20 minutos. Após este processo estas foram deixadas em descanso *overnight*. Após este período colocou-se nas amostras gotas de cloridrato de hidroxilamina a 12% e realizou-se a leitura no espectrofotômetro de absorção atômica por vapor frio de Hg (FIMS-400, Perkin-Elmer).

Os resultados de Hg nos peixes obtidos preliminarmente estão listados na tabela VIII.1. Os valores encontrados na tabela mostram que várias espécies, principalmente as predadoras, se apresentam acima dos limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde ( $0,50 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) e pela Agencia Nacional de Vigilância Sanitária ( $1,00 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) como é o caso dos bagres do gênero *Brachyplatystoma* analisados. Por serem exclusivamente piscívoros demonstram claramente que o processo de biomagnificação do Hg ocorre na ictiofauna do rio Madeira. Outras espécies que apresentaram valores altos para este período foram o *Calophysus macropterus* ( $1,4169 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), *Rhaphiodon vulpinus* ( $1,7111 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) e *Hypophthalmus marginatus* ( $0,8115 \text{ mg.kg}^{-1}$ ).

Os valores de mercúrio encontrados nos peixes analisados para esse trimestre de análise continuam mantendo-se semelhante aos das análises anteriores, com valores acima do permitido pela ANVISA e OMS para as espécies predadoras e que são normalmente as mais consumidas pela população em geral (Figura VIII.1).

Valores semelhantes foram encontrados por Silva-Filho et al (2008) em uma revisão da contaminação de mercúrio em peixes onde as espécies de peixes carnívoras da região de Alta Floresta (Região Amazônica) apresentaram as maiores concentrações de Hg em músculo. Sampaio da Silva et al (2006), realizando um estudo em três lagos (Bom Intento, Cupu e Pereira) no rio Tapajós também observou níveis de Hg elevados para a espécie *Rhaphiodon vulpinus* (0,488 - 0,598 mg.kg<sup>-1</sup>), porém não tão altos quanto os observados neste trabalho. Bastos et al (2008), em um estudo realizado ao longo do rio Madeira utilizando amostras de peixes coletadas no período de 1987 a 2000 encontraram valores semelhantes aos resultados encontrados no presente estudo.



**Tabela VIII.1.** Resultados das concentrações de Hg em peixes de acordo com a localidade, espécie e hábitos alimentares.

Localidade	Espécie	Nome Popular	Hábito alimentar	Média Hg (mg kg <sup>-1</sup> )	Desvio Padrão	n
Igarapé Caripunas	<i>Anodus orinocensis</i>	ubarana	planctófagos	0,4177	#	1
	<i>Astyanax anterior</i>	#	#	0,0542	#	1
	<i>Bryconops alburnoides</i>	#	onívoros	0,3787	#	1
	<i>Calophysus macropterus</i>	piracatinga	onívoros	<b>0,7108</b>	#	1
Rio Jaci-Paraná	<i>Acestrorhynchus cf. microlepis</i>	#	piscívoros	0,4346	0,0649	3
	<i>Acestrorhynchus falcistrostris</i>	peixe cachorro	piscívoros	<b>0,6924</b>	0,2176	8
	<i>Acestrorhynchus heterolepis</i>	peixe cachorro	piscívoros	0,4032	0,1711	3
	<i>Acestrorhynchus microlepis</i>	cachorrinho	piscívoros	<b>0,5172</b>	0,1565	7
	<i>Ageneiosus inermis</i>	bocudo, doncellé, fidalgo,	piscívoros	0,2766	#	1
	<i>Ageneiosus ucayalensis</i>	bocudo, fidalgo, mandubé	piscívoros	<b>0,8296</b>	#	1
	<i>Auchenipterus ambyiacus</i>	#	insetívoros	0,2442	0,2270	16
	<i>Auchenipterus nuchalis</i>	mandi-peruano, peixe-gato	insetívoros	<b>0,6658</b>	0,1425	9
	<i>Bryconops alburnoides</i>	#	onívoros	0,1812	0,0587	6
	<i>Calophysus macropterus</i>	piracatinga	onívoros	<b>1,0370</b>	0,4537	3
	<i>Centromochlus heckelii</i>	#	#	0,2898	#	1
	<i>Curimatella alburna</i>	#	detritívoros	0,1117	#	1
	<i>Hemiodus amazonum</i>	#	detritívoros	0,0527	0,0208	39
	<i>Hemiodus microlepis</i>	bananinha, charuto, jatuaranha	planctófagos	0,0217	0,0135	13
	<i>Heros efasciatus</i>	Acará-peba, Acará -piranga	carnívoros	0,2226	0,0492	6
	<i>Hypoclinemus mentalis</i>	linguado	onívoros	0,3087	#	1
	<i>Hypoptopoma gulare</i>	#	detritívoros	0,0421	0,0115	3
	<i>Laemolyta proxima</i>	aracu caneta	iliófagos	0,2000	0,0999	3
	<i>Laemolyta taeniata</i>	acaru flexa	iliófagos	0,1586	#	1
	<i>Oxydoras niger</i>	Cuiú-cuiú, abotoado	onívoros	0,1150	#	1
	<i>Parauchenipterus galeatus</i>	bagre mole, cachorro do padre	insetívoros	0,0728	0,0411	2
	<i>Potamorhina latior</i>	branquinha	detritívoros	0,4130	#	1
	<i>Pterygoplichthys lituratus</i>	#	detritívoros	0,0673	0,0277	8
	<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	Peixe-cachorro, Ripa	piscívoros	<b>0,8535</b>	#	1
	<i>Rhytiodus argenteofuscus</i>	pau de vaqueiro, arauçu	herbívoros	0,0169	0,0010	2

continuação

	<i>Roestes molossus</i>	#	carnívoros	0,2518	#	1
	<i>Satanoperca sp</i>	#	invertebrados	0,1080	0,0335	4
Igarapé Jatuarana	<i>Anodus sp</i>	#	planctófagos	0,1680	#	1
	<b><i>Pimelodus aff. blochii</i></b>	#	onívoros	0,2093	0,0676	46
	<i>Potamorhina latior</i>	branquinha	detritívoros	0,0485	#	1
	<i>Pterodoras lentiginosus</i>	#	#	0,0102	0,0014	4
	<i>Steindachnerina lecisca</i>	#	#	0,0504	#	1
	Igarapé Belmont	<i>Calophysus macropterus</i>	piracatinga	onívoros	<b>1,4169</b>	#
<i>Hypophthalmus edentatus</i>		mandubi, lalau, lau-lau	planctófagos	0,3462	#	1
<i>Hypophthalmus marginatus</i>		mapara	planctófagos	<b>0,7552</b>	#	1
<i>Jurengraulis juruensis</i>		#	#	0,0933	0,0522	22
<i>Nemadoras humeralis</i>		#	Onívoros	0,4308	0,2579	18
<i>Oxydoras niger</i>		Cuiú-cuiú, abotoado	onívoros	0,0839	#	1
<b><i>Pimelodus aff. blochii</i></b>		#	onívoros	0,1265	0,0656	18
Lago Puruzinho	<b><i>Acestrorhynchus falcistrostris</i></b>	peixe cachorro	pisicívoros	<b>0,9168</b>	0,1093	3
	<i>Ageneiosus inermis</i>	bocudo, doncellé, fidalgo	pisicívoros	0,4189	#	1
	<i>Anodus elongatus</i>	Orana, Orana cubiu	planctófagos	0,4352	0,1298	30
	<i>Anodus orinocensis</i>	ubarana	planctófagos	<b>0,5179</b>	0,3072	3
	<i>Anodus sp</i>	#	planctófagos	0,3695	0,1797	4
	<i>Argonectes longiceps</i>	jatuarana, O-Oii-Apotira	onívoros	<b>0,5109</b>	#	1
	<i>Auchenipterus nuchalis</i>	mandi-peruano, peixe-gato	insetívoros	0,2283	0,0467	2
	<i>Biotodoma cupido</i>	#	#	0,0474	0,0126	3
	<i>Calophysus macropterus</i>	piracatinga	onívoros	<b>0,7819</b>	0,0282	2
	<i>Curimata knerii</i>	curimatã	detritívoros	0,0851	0,0463	12
	<i>Curimatella meyeri</i>	#	detritívoros	0,1039	#	1
	<i>Hemiodoras stenopeltis</i>	#	#	0,2305	#	1
	<b><i>Hemiodus amazonum</i></b>	#	detritívoros	0,1578	#	1
	<b><i>Hemiodus microlepis</i></b>	bananinha, charuto, jatuaranha	planctófagos	0,1020	#	1
	<i>Hemisorubim platyrhynchus</i>	jurupoca, jeripoca	carnívoros	<b>0,8113</b>	#	1
	<b><i>Hydrolycus scomberoides</i></b>	Peixe-cachorro, Pirandirá	pisicívoros	<b>1,6848</b>	#	1
	<i>Hypophthalmus marginatus</i>	mapará	planctófagos	<b>0,8115</b>	0,2434	3



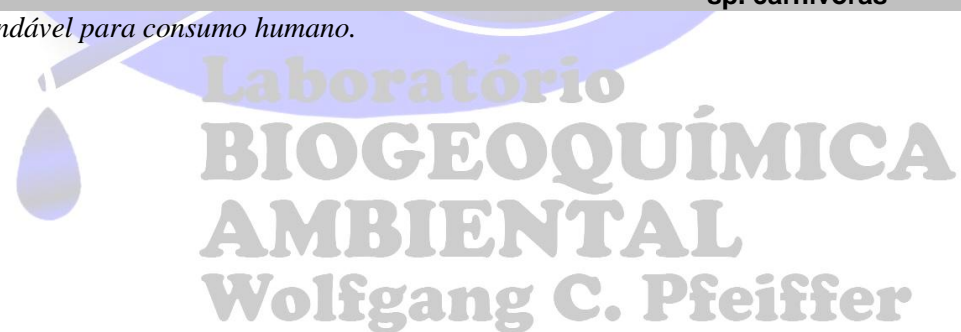
continuação

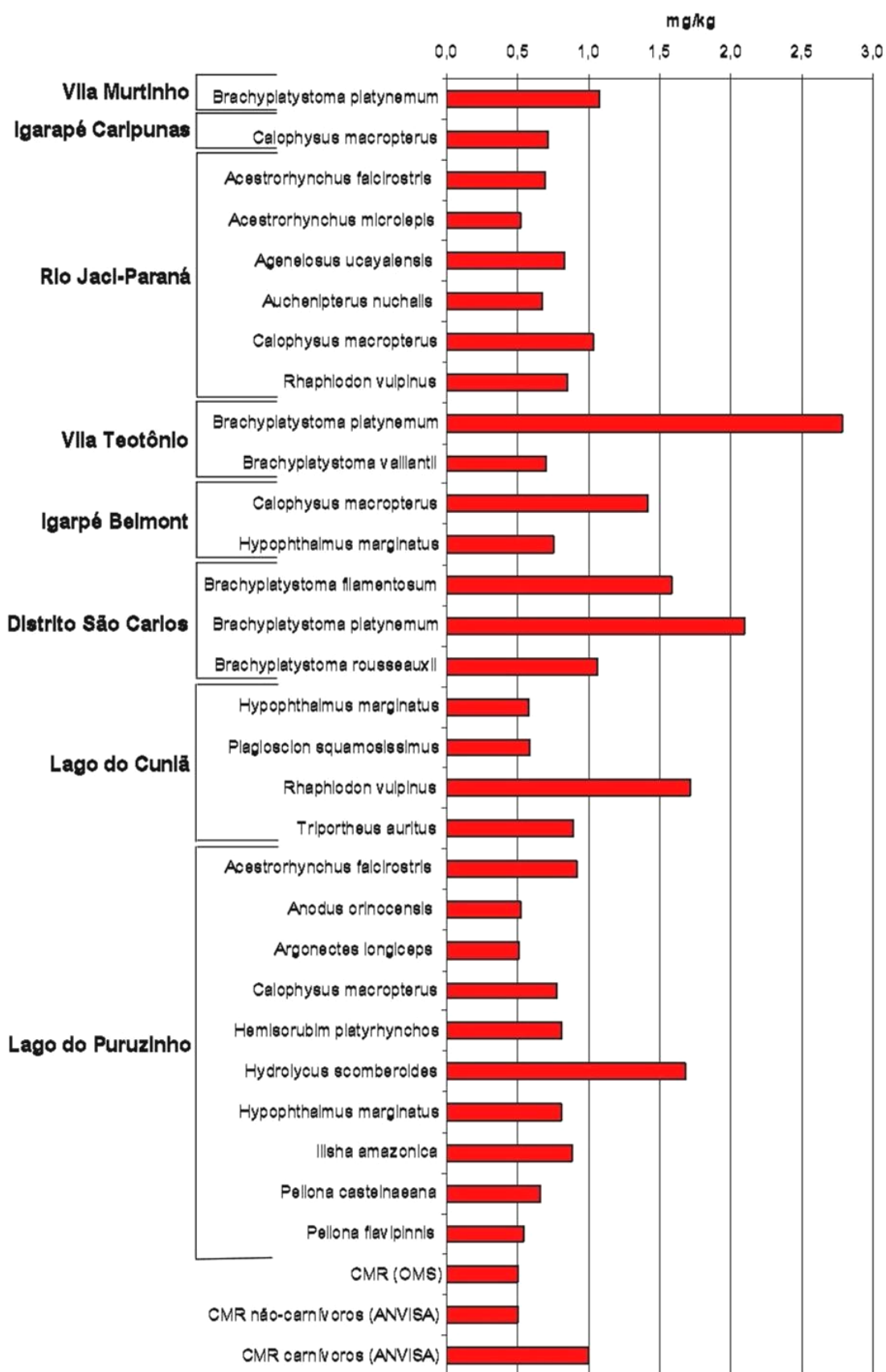
	<i>Ilisha amazonica</i>	apapa, asuna nahui	piscívoros	<b>0,8806</b>	0,0098	2
	<i>Loricaria cataphracta</i>	acarí cachimbo	detritívoros	0,0673	#	1
	<i>Nemadoras hemipeltis</i>	#	onívoros	0,1912	0,0564	7
	<b><i>Pellona castelnaeana</i></b>	apapa, apapá amarelo	piscívoros	<b>0,6641</b>	0,0283	2
	<b><i>Pellona flavipinnis</i></b>	sardinha, sardinha dourada	piscívoros	<b>0,5440</b>	0,2639	6
	<i>Piaractus brachypomus</i>	pacú negro, pirapitinga	herbívoros	0,1068	#	1
	<b><i>Pimelodus aff. blochii</i></b>	#	onívoros	0,2926	0,0918	18
	<i>Potamorhina latior</i>	branquinha	detritívoros	0,1065	#	1
	<i>Psectrogaster amazonica</i>	branquinha comum, cascudinha	detritívoros	0,1457	0,0669	26
	<i>Psectrogaster rutiloides</i>	branquinha cascuda	detritívoros	0,1944	0,1796	20
	<i>Semaprochilodus insignis</i>	jaraqui-da-escama-grossa	detritívoros	0,1570	0,0548	4
	<i>Sorubim elongatus</i>	#	carnívoros	0,4821	#	1
	<i>Sorubim maniradii</i>	#	carnívoros	0,2197	#	1
Lago Cuniã	<b><i>Acestrorhynchus falcistrostris</i></b>	peixe cachorro	piscívoros	0,2883	0,1300	2
	<b><i>Acestrorhynchus microlepis</i></b>	cachorrinho	piscívoros	0,4689	#	1
	<i>Ageneiosus inermis</i>	bocudo, doncellé, fidalgo	piscívoros	0,3374	0,0077	2
	<b><i>Auchenipterichthys thoracatus</i></b>	bagre, barbudo	onívoros	0,0854	0,0194	13
	<i>Brycon amazonicus</i>	matrinxã	onívoros	0,0834	#	1
	<i>Colossoma macropomum</i>	tambaqui	herbívoros	0,0448	#	1
	<b><i>Hoplias malabaricus</i></b>	traira	carnívoros	0,3689	#	1
	<i>Hypophthalmus marginatus</i>	mapará	planctófagos	<b>0,5759</b>	#	1
	<i>Laemolyta taeniata</i>	acaru flexa	iliófagos	0,1902	#	1
	<i>Mylossoma duriventre</i>	pacu prata	herbívoros	0,0825	0,0589	7
	<b><i>Pimelodus aff. blochii</i></b>	#	onívoros	0,2258	0,0697	4
	<b><i>Plagioscion squamosissimus</i></b>	pescada	carnívoros	<b>0,5878</b>	0,2909	2
	<i>Potamorhina altamazonica</i>	branquinha cabeça lisa	detritívoros	0,0479	0,0097	3
	<i>Potamorhina latior</i>	branquinha	detritívoros	0,0577	#	1
	<i>Potamorhina pristigaster</i>	branquinha peito de aço	detritívoros	0,0404	0,0390	2
	<i>Psectrogaster amazonica</i>	branquinha comum, cascudinha	detritívoros	0,0559	#	1
	<i>Psectrogaster rutiloides</i>	branquinha cascuda	detritívoros	0,0305	#	1
	<i>Pterygoplichthys lituratus</i>	#	detritívoros	0,0919	#	1

continuação

	<i>Pygocentrus nattereri</i>	piranha caju	piscívoros	0,4849	#	1
	<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	Peixe-cachorro, Ripa	piscívoros	<b>1,7111</b>	0,5182	3
	<i>Serrasalmus elongatus</i>	piranha comprida	carnívoros	0,1053	0,0434	12
	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	piranha preta	carnívoros	0,0484	#	1
	<i>Serrasalmus sp.n. robertsoni</i>	#	carnívoros	0,4510	0,1912	24
	<i>Serrasalmus spilopleura</i>	piranha amarela	piscívoros	0,2329	#	1
	<i>Trachelyopterichthys taeniata</i>	#	#	0,0790	#	1
	<i>Triportheus albus</i>	sardinha	onívoros	0,4704	0,0574	2
	<i>Triportheus angulatus</i>	sardinha papuda	onívoros	0,1337	0,0732	15
	<i>Triportheus auritus</i>	sardinha comprida	onívoros	<b>0,8918</b>	#	1
Vila Teotônio	<i>Brachyplatystoma platynemum</i>	Babão	piscívoros	<b>2,7916</b>	0,9521	7
	<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	Piramutaba	piscívoros	<b>0,6972</b>	0,0921	2
Distrito São Carlos	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	Filhote	piscívoros	<b>1,5867</b>	0,4668	7
	<i>Brachyplatystoma platynemum</i>	Babão	piscívoros	<b>2,0964</b>	0,3822	3
	<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	Dourada	piscívoros	<b>1,0605</b>	1,1650	9
Vila Murtinho	<i>Brachyplatystoma platynemum</i>	Babão	piscívoros	<b>1,0752</b>	0,2487	6
	<b>Média geral</b>			<b>0,3462</b>	<b>0,4821</b>	<b>564</b>
	<b>Média dos carnívoros na área de estudo</b>			<b>0,7783</b>	<b>0,7701</b>	
	<b>Média dos não carnívoros na área de estudo</b>			<b>0,2237</b>	<b>0,2209</b>	
	<b>CMR* (OMS)</b>		<b>Todas as espécies</b>	<b>0,500</b>		
	<b>CMR (ANVISA)</b>		<b>sp. não carnívoras</b>	<b>0,500</b>		
	<b>CMR (ANVISA)</b>		<b>sp. carnívoras</b>	<b>1,000</b>		

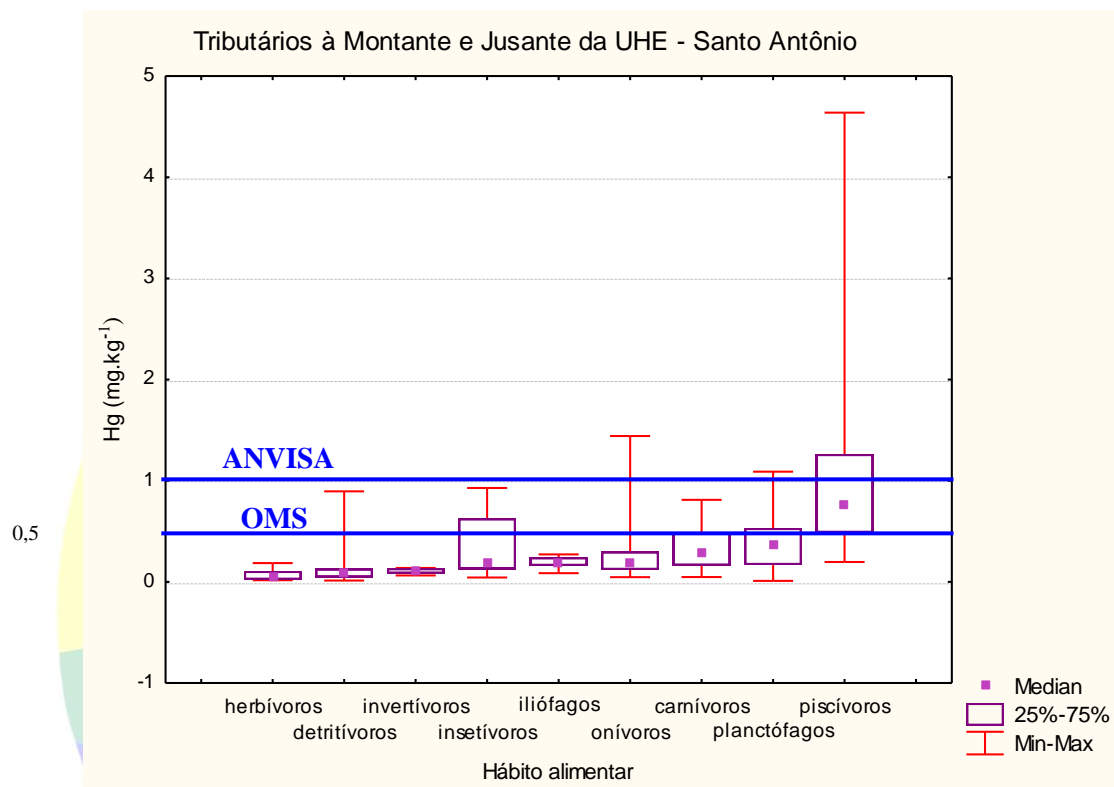
\*CMR= Concentração máxima recomendável para consumo humano.





**Figura VIII.1.** Concentração de mercúrio nos peixes acima dos limites propostos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a montante (Vila Murtinho, Igarapé Caripunas, Rio Jaci-Paraná e Vila Teotônio) e jusante (Igarapé Belmont, Distrito de São Carlos, Lago do Cuniã e Lago do Puruzinho) da futura barragem da UHE Santo Antônio.

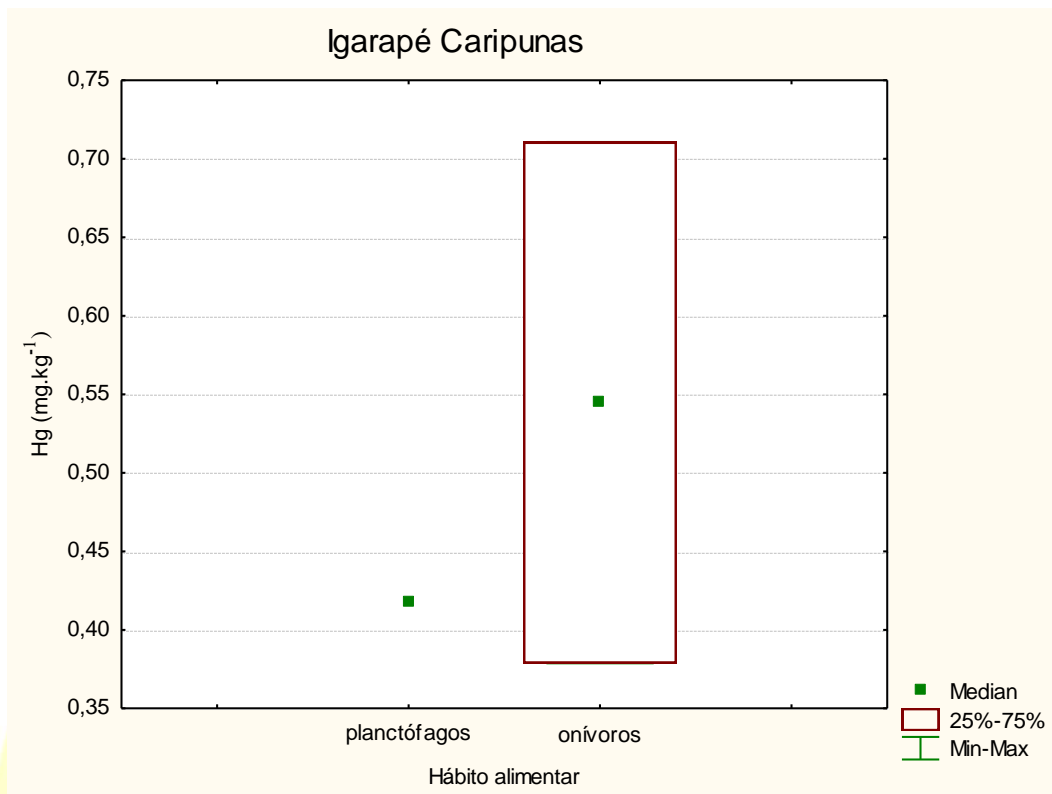
A figura VIII.2 mostra a relação entre a concentração de Hg por hábito alimentar em todas as localidades estudadas, observa-se como o hábito alimentar dos piscívoros, por suas características especialistas, se destacam com os valores médios mais elevados, alguns superando inclusive a legislação (ANVISA).



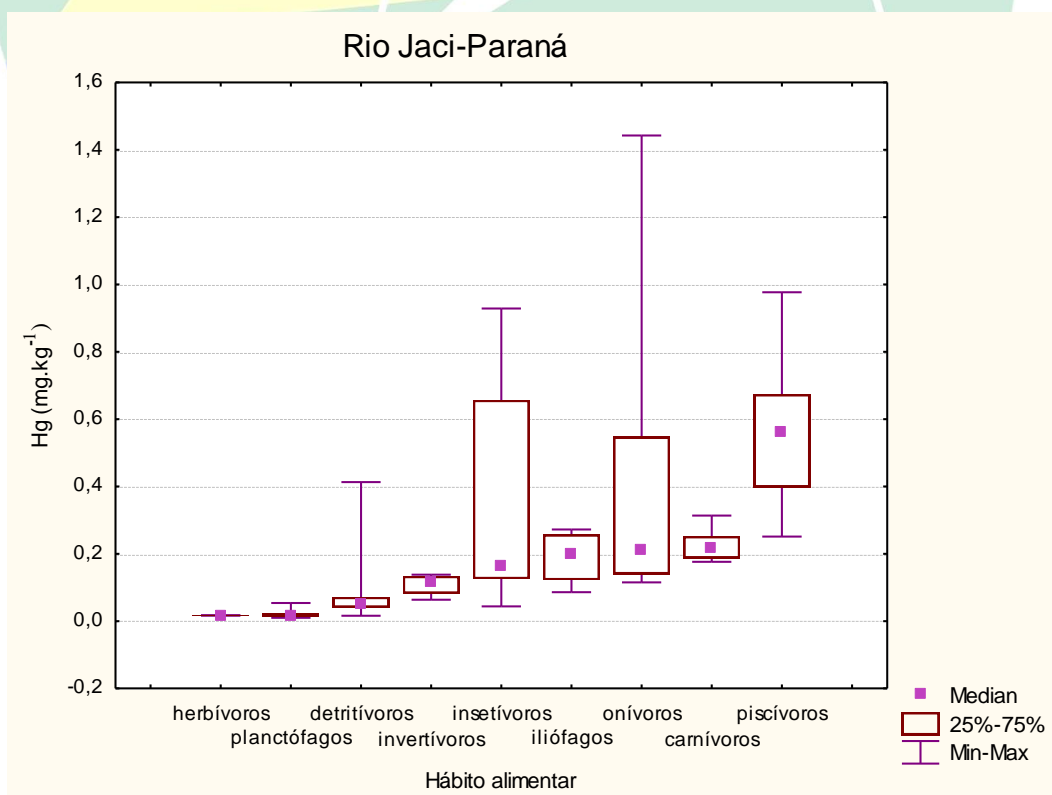
**Figura VIII.2.** Hábito alimentar de peixes e concentração de mercúrio nos afluentes do rio Madeira montante e jusante da UHE – Santo Antônio.

Analisando de forma particular cada localidade, observou-se que as concentrações de Hg nos peixes de hábito alimentar do tipo predatório se mantêm entre os valores de mediana mais elevados (Figuras VIII.3; VIII.4; VIII.5; VIII.6, VIII.7, VIII.8 e VIII.9). Do ponto de vista do consumo humano estas espécies predadoras seriam as menos recomendadas para alimentação e se mostram como boas indicadoras da biomagnificação de Hg.

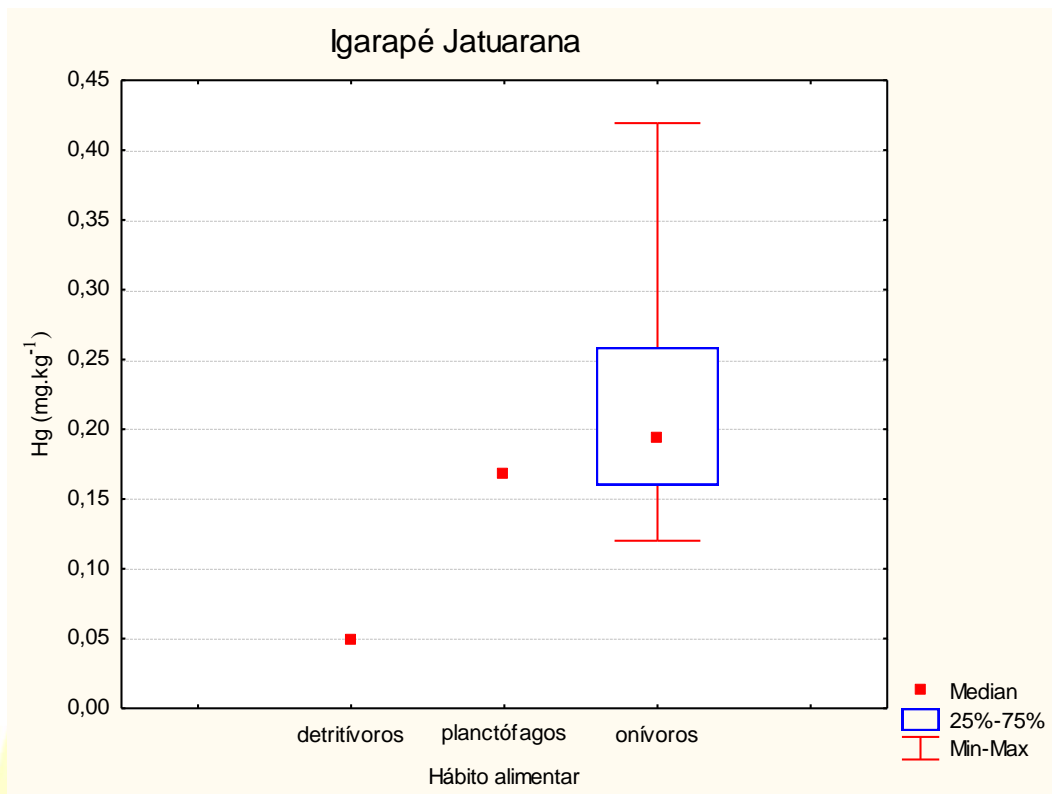
Quanto aos demais peixes de hábito alimentar não carnívoro e que apresentam baixas concentrações de Hg, pode-se dizer os mesmos possuem um importante papel no fluxo de energia no ecossistema na ciclagem de nutrientes e na dinâmica das populações de predadores devido à sua abundância. Dessa forma, os peixes detritívoros assumem um papel importante na transferência do metilmercúrio ao longo da cadeia trófica. Essa informações estão subsidiando a equipe de Avaliação Humana.



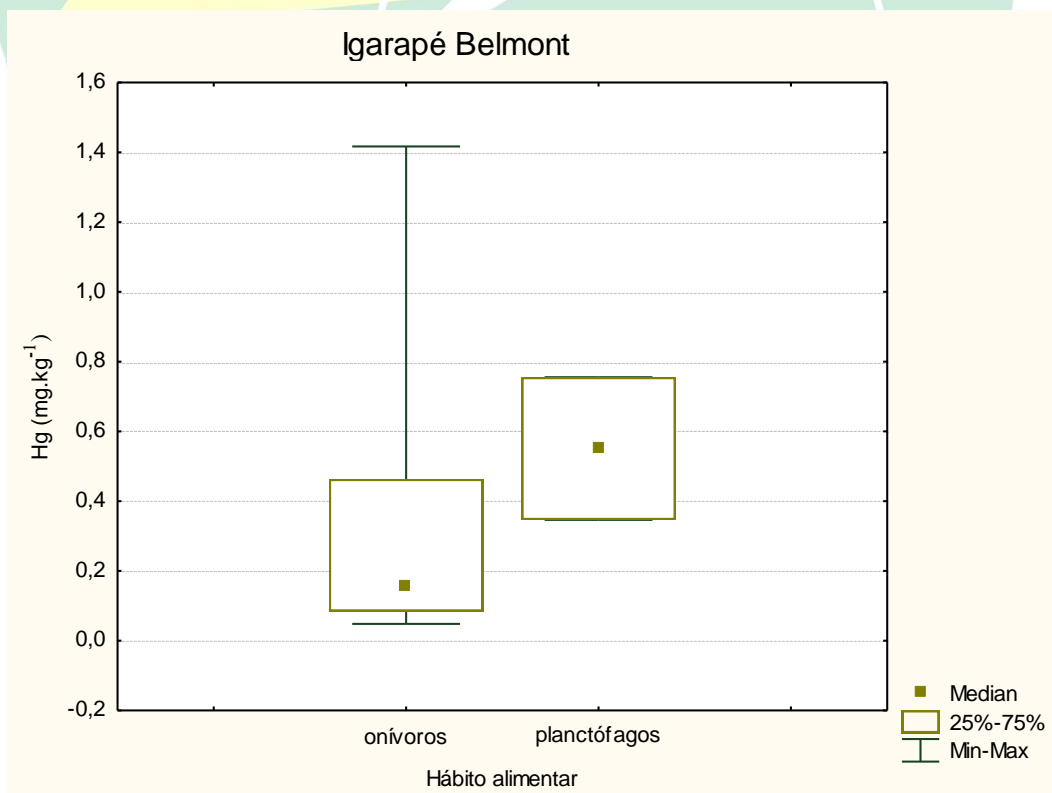
**Figura VIII.3.** Relação entre hábito alimentar de peixes e concentração de mercúrio no Igarapé Caripunas.



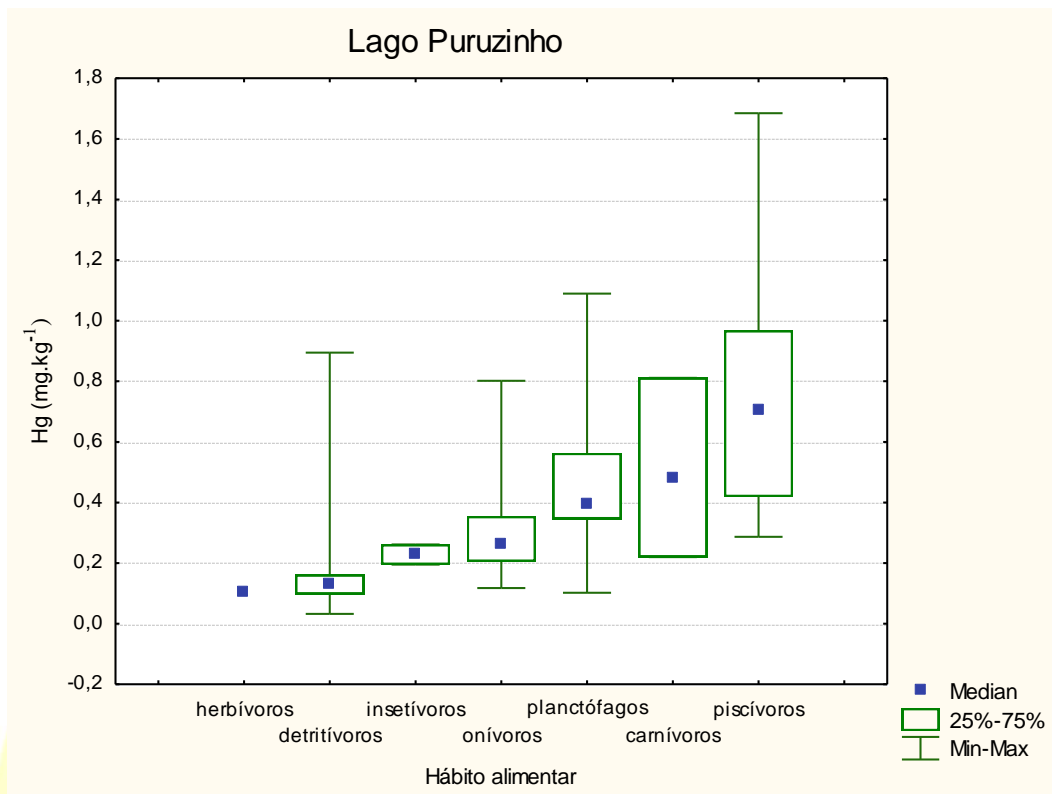
**Figura VIII.4.** Relação entre hábito alimentar de peixes e concentração de mercúrio no rio Jaci-Paraná.



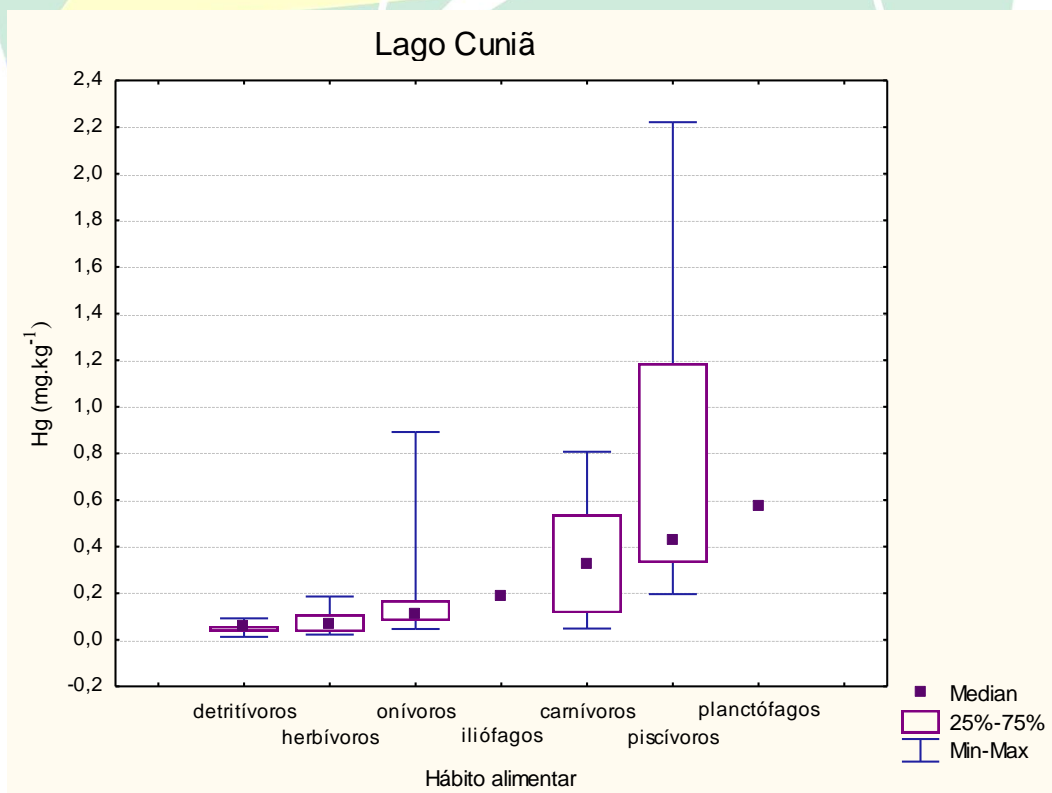
**Figura VIII.5.** Relação entre hábito alimentar de peixes e concentração de mercúrio no Igarapé Jatuarana.



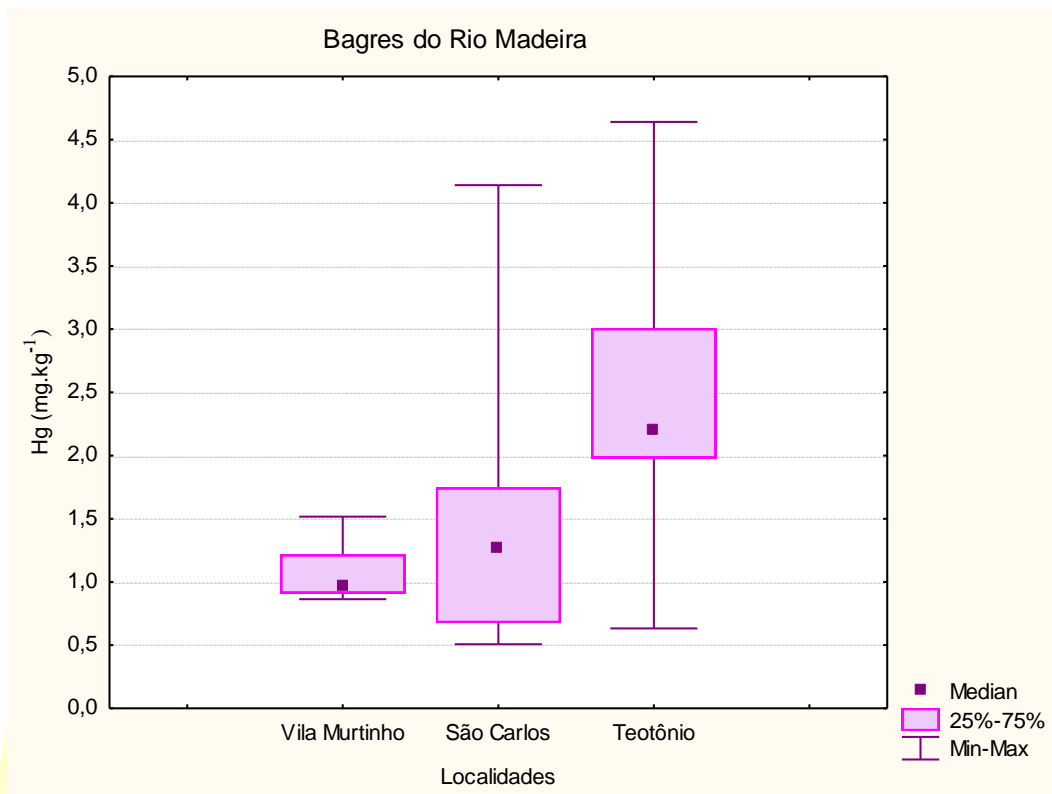
**Figura VIII.6.** Relação entre hábito alimentar de peixes e concentração de mercúrio no Igarapé Belmont.



**Figura VIII.7.** Relação entre hábito alimentar de peixes e concentração de mercúrio no Lago Puruzinho.



**Figura VIII.8.** Relação entre hábito alimentar de peixes e concentração de mercúrio no Lago Cuniã.



**Figura VIII.9.** Relação entre concentração de mercúrio e as localidades de Vila Murinho, São Carlos e Teotônio onde ocorrem algumas das coletas de cabeças dos bagres do gênero *Brachyplatystoma* sp pelos pescadores locais.

Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
 AMBIENTAL**  
 Wolfgang C. Pfeiffer



## CAPÍTULO IX

### IX.1. Área de Movimentação de Terras

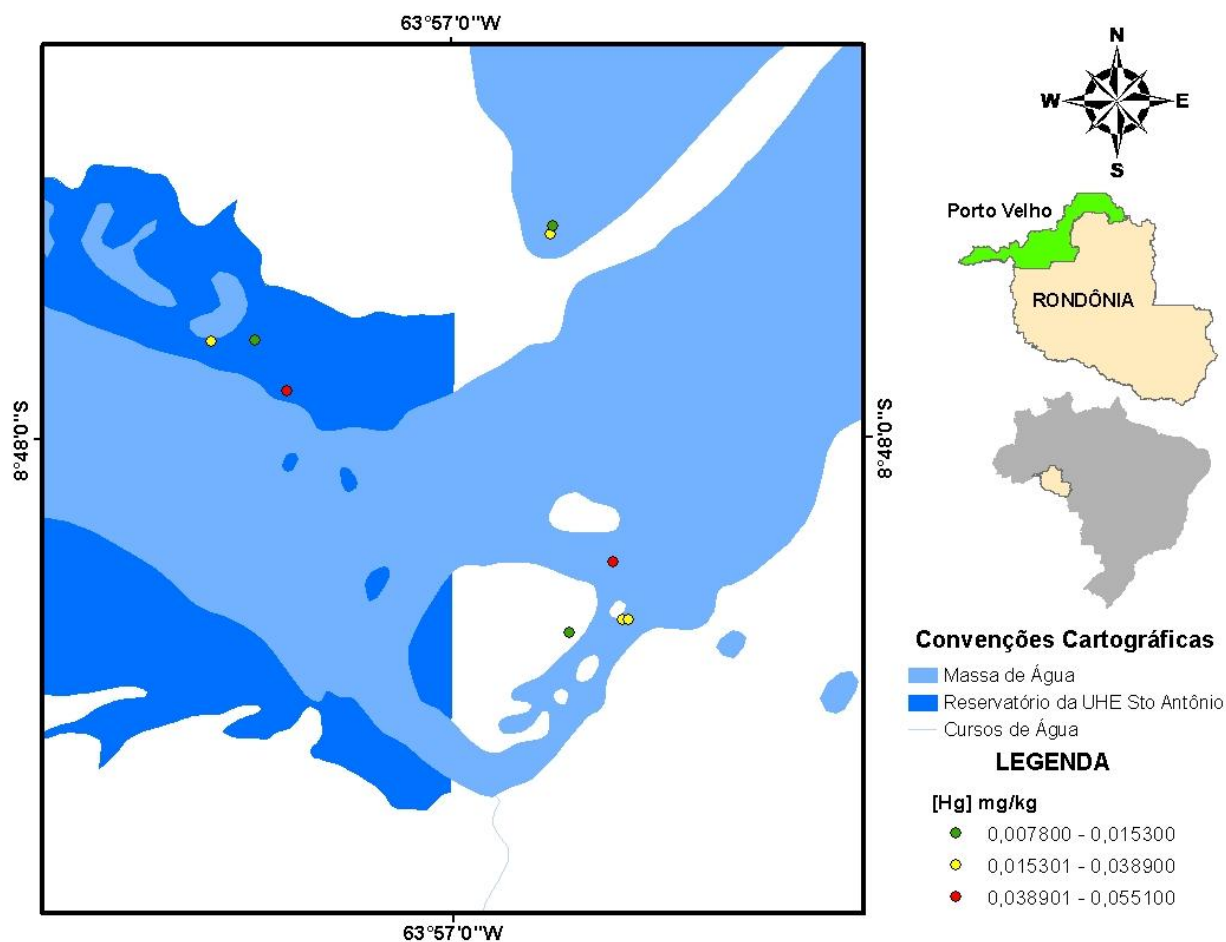
#### IX.1.1. Monitoramento do Mercúrio na Área de Movimentação de Terras

A área a ser monitorada é referente aos locais onde está ocorrendo a dragagem de sedimentos e retirada de solos e rochas para implementação das turbinas do empreendimento hidrelétrico na Cachoeira de Santo Antônio.

A coleta das amostras de sedimentos consiste em caracterizar a seção horizontal e vertical da área de dragagem, a partir da amostragem de sedimentos que representem os materiais a serem dragados. A distribuição espacial da amostragem está sendo representativa da dimensão da área e do volume a ser dragado e as profundidades das coletas das amostras estão sendo representativas da cota a ser dragada. Inicialmente adotou-se a Resolução CONAMA 344 para estabelecimento de valores orientadores para as concentrações de Hg nos sedimentos dragados. Para estudo das áreas de “bota-fora” fez-se uma adaptação da metodologia da CETESB para a investigação preliminar de áreas potencialmente contaminadas. Desta forma elaborou-se uma malha amostral no principal “bota-fora” da margem direita do rio Madeira para investigar possíveis contaminações do material transportado do canteiro de obra para áreas de “bota-fora” permanentes.

O monitoramento do canteiro de obras é realizado na medida em que são realizadas escavações nas áreas onde estão sendo construídas as ensecadeiras (Figura IX.1). A área de construção da UHE–Santo Antônio é uma área que a todo tempo passa por mudanças físicas por causa da construção do empreendimento, podendo ocorrer mobilização de Hg que hipoteticamente pode estar depositado nos sedimentos no leito do rio e área adjacentes. Até a presente data não foram observados valores que demonstrem contaminação de Hg nos sedimentos, rochas ou em solos das áreas escavadas.

LABORATÓRIO  
**BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL**  
Wolfgang C. Pfeiffer



**Figura IX.1.** Mapa de localização da área de estudo com os intervalos de concentração de Hg ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) nos materiais escavados nas enseadeiras, canais de restituição e áreas de “bota-fora”.

A figura IX.2 ilustra alguns momentos durante a coleta de amostras de sedimento no canteiro de obras realizado em agosto de 2010.



**Figura IX.2.** Coleta de amostras de sedimento no canteiro de obras da UHE–Santo Antônio.

A tabela IX.1 apresenta as coordenadas geográficas e os resultados encontrados das concentrações de Hg para os pontos analisados. A figura IX.1 apresenta o mapa de localização da

área de estudo com os intervalos de concentração de Hg ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) nos materiais escavados nas enseadeiras, canais de restituição e áreas de “bota-fora”.

**Tabela IX. 1** - Coordenadas geográficas em UTM, DATUM SAD 69 e valores médios de Hg em  $\text{mg.kg}^{-1}$  encontrados nos sedimentos coletados no Canteiro de Obras em agosto/2010.

<b>Código de campo</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Código do Laboratório</b>	<b>Média (<math>\text{mg.Kg}^{-1}</math>)</b>	<b>D.P.</b>
SDCO-Z1ENSC.T2A	396064,655	9026705,832	SDCO 18484	0,0551	0,0285
SDCO-Z2ENSC.MD4	396118,967	9026507,690	SDCO 18485	0,0334	0,0000
SDCO-Z3ENSC.MD4	396118,967	9026507,690	SDCO 18486	0,0357	0,0008
SDCO-Z4ENSC.MD4	396097,433	9026510,963	SDCO 18487	0,0389	0,0003
SDCO-Z5ENSC.MD4	395916,817	9026466,965	SDCO 18488	0,0078	0,0001
SDCO-Z6ENSC.	394710,583	9027450,001	SDCO 18489	0,0332	0,0004
SDCO-Z7ENSC.	394856,246	9027453,960	SDCO 18490	0,0145	0,0010
SDCO-Z8	394965,340	9027283,300	SDCO 18491	0,0432	0,0062
SDCO-Z9 JUSANTE	395855,596	9027813,363	SDCO 18492	0,0241	0,0002
SDCO-Z10 JUSANTE	395863,198	9027844,003	SDCO 18493	0,0153	0,0013
			MÉDIA	0,0301	0,0039
			MINÍMO	0,0078	0,0000
			MÁXIMO	0,0551	0,0285

Os valores médios de concentração de Hg estão de acordo com os dados encontrados para outras estações de monitoramento no rio Madeira. E até o momento também se encontram em conformidade com os valores preconizados pela CETESB que adota os mesmos valores do CONAMA 344/4 (Tabela IX.2).

**Laboratório**  
**BIOGEOQUÍMICA**  
**AMBIENTAL**  
**Wolfgang C. Pfeiffer**

**Tabela IX.2** - Valores de referência da CETESB dos elementos químicos em sedimentos.

Elementos	Concentrações no Sedimento	
	TEL (NÍVEL 1) mg.Kg <sup>-1</sup>	PEL (NÍVEL2) mg.Kg <sup>-1</sup>
Arsênio	5,9	17
Cádmio	0,6	3,5
Chumbo	35	91,3
Cobre	35,7	197
Cromo	37,3	90
Mercúrio	0,17	0,486
Níquel	18	35,9
Zinco	123	315

**Fonte:** Adaptado do Relatório Critério para Avaliação de Sedimentos (CETESB, 2006) - TEL "Threshold Effect Level" ou Nível 1 - concentrações abaixo deste valor são raramente associadas a efeitos biológicos adversos. PEL "Probable Effect Level" ou Nível 2 - concentrações acima deste valor são freqüentemente associadas a efeitos biológicos adversos.

O número de amostras é variável de entre coletas, pois depende da área dos locais de escavação. À medida que há novas frentes de escavação desloca-se a malha amostral, não sendo possível desta forma coincidência de pontos e nem de material coletado devido às transformações na topografia do terreno e estabelecimento de áreas de concretagem.

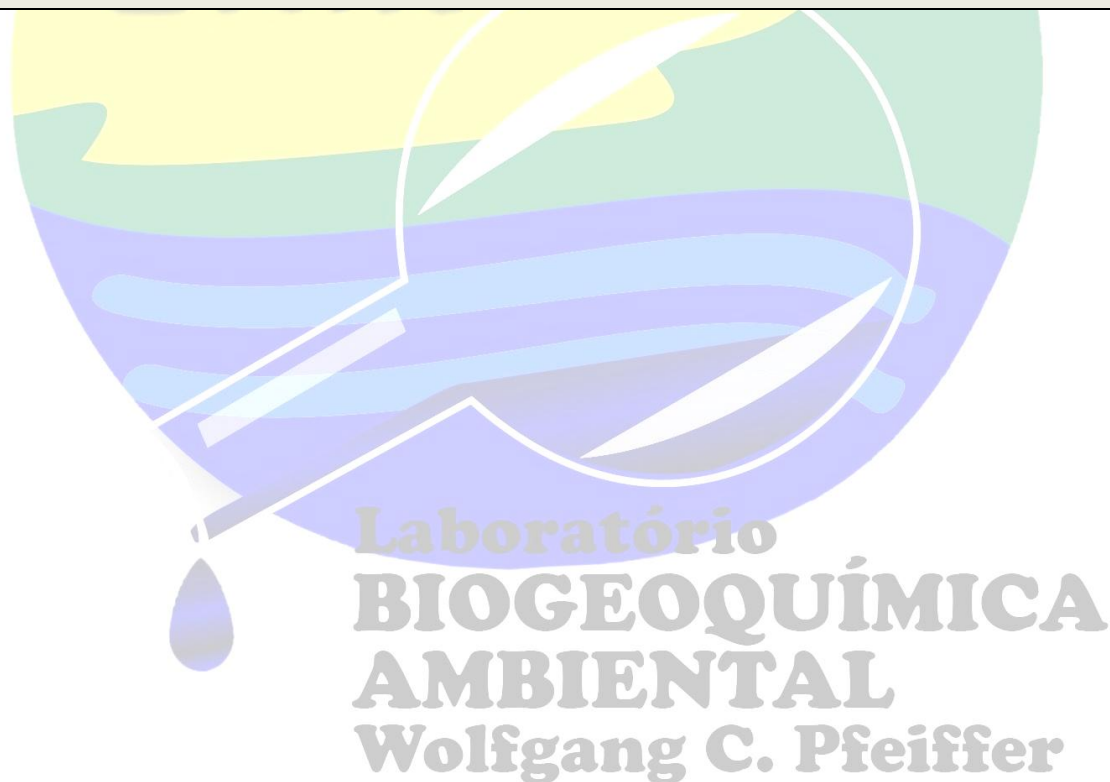
As áreas de "bota-fora" estudadas apresentam materiais como sedimento e solo. Este material é disposto nos "bota-fora" sem separação entre sedimento e solo, logo o material do "bota-fora" representa uma variabilidade de sedimento e solos e material rochoso de leito de rio.

### **IX.1.2. Monitoramento de Outros Metais Pesados na Área de Movimentação de Terras**

Além da avaliação de mercúrio, foram analisados os seguintes elementos traço: Cobalto, Manganês, Cromo, Níquel, Chumbo, Cobre, Ferro e Zinco (Tabela IX.3). Estudo realizado por Lacerda et al (1990) mostra que as concentrações de metais pesados em sedimentos superficiais no rio Madeira são altamente variáveis. Esta variação ocorre devido à natureza do material transportado pelo rio Madeira que compõe o sedimento marginal do rio Madeira. Os dados observados para Cr, Pb, Co e Cu nos sedimentos da área de escavação (Tabela IX.3) estão em concentrações inferiores aos valores obtidos para sedimento de fundo na bacia do rio Madeira obtidos por Lacerda et al (1990).

**Tabela IX. 3** - Valores médios encontrados nos sedimentos/solos do Canteiro de Obras para metais pesados coletados em Agosto de 2010. Os resultados estão expressos em mg.kg<sup>-1</sup>.

Código Lab.	Cd	Co	Mn	Cr	Ni	Pb	Cu	Fe	Zn
<b>SDCO 18484</b>	0,103	8,694	333,865	8,347	14,705	9,730	14,835	27984,451	49,419
<b>SDCO 18485</b>	0,137	10,627	499,518	10,027	17,684	12,307	18,393	35536,541	57,225
<b>SDCO 18486</b>	0,107	9,683	511,868	8,692	16,035	10,989	16,489	26030,012	55,819
<b>SDCO 18487</b>	0,096	10,510	598,762	9,728	16,765	12,342	20,369	27850,942	63,979
<b>SDCO 18488</b>	0,100	4,288	650,555	3,364	1,308	22,511	11,280	31068,043	124,344
<b>SDCO 18489</b>	0,110	9,762	441,563	6,699	15,679	9,834	15,195	17780,517	52,224
<b>SDCO 18490</b>	0,103	10,832	241,465	6,443	14,520	7,836	10,691	14468,670	47,486
<b>SDCO 18491</b>	0,113	10,094	587,722	9,693	16,656	11,347	17,571	30498,205	52,372
<b>SDCO 18492</b>	0,099	3,471	70,709	4,795	8,559	6,644	6,179	5805,326	25,865
<b>SDCO 18493</b>	0,361	6,459	128,870	7,152	15,534	9,533	15,485	12660,997	44,857
MÉDIA	0,133	8,442	406,490	7,494	13,744	11,307	14,649	22968,370	57,359
MINÍMO	0,096	3,471	70,709	3,364	1,308	6,644	6,179	5805,326	25,865
MÁXIMO	0,361	10,832	650,555	10,027	17,684	22,511	20,369	35536,541	124,344
CETESB	0,6-3,5	ND	ND	37-90	18-36	35-91	36-197	ND	123-315



## CONSIDERAÇÕES

Considerando o conjunto amostral e as análises já realizadas durante o período foi observado que o comportamento dos elementos químicos amostrados apresentam-se sem mudanças em relação aos trimestres anteriores incluindo o período de EIA-RIMA. Contudo, especial atenção deve ser dada ao Ponto 19 do monitoramento de solo que demonstra valores de Hg acima do esperado para região. Valores em solos como os encontrados no Perfil 19 são similares aos valores de Hg encontrado durante a fase de intenso uso deste metal na região.

Os dados de MeHg em água apresentam-se como valores comparáveis a outros ambientes de rio em outras regiões. O monitoramento do sedimento e dos solos tem indicado que os tributários apresentam os maiores valores de Hg.

No rio Madeira é possível verificar uma diferença significativa nas concentrações de Hg total no sedimento entre os períodos hidrológicos. Durante o período de águas baixas observa-se as maiores concentrações de Hg no sedimento do rio Madeira.

A variação na concentração de metais pesados nos sedimentos ocorre devido à natureza do material transportado pelo rio Madeira que compõe o sedimento marginal do rio Madeira pois a bacia do rio Madeira drena diversas formações pedológicas e feições topográficas.

O monitoramento do canteiro de obras tem mostrado uma variação nas concentrações de Hg (0,008 - 0,055 mg.kg<sup>-1</sup>) e outros elementos traço. O sedimento superficial coletados nas áreas de enseada tem mostrado valores próximos ao encontrados em outras áreas do rio Madeira. Amostras coletadas em cotas menores que as do leito natural do rio Madeira mostram concentrações de Hg menores do que as concentrações das amostras superficiais, não sendo identificado valores que justifiquem algum tipo de intervenção até o momento.

Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL**  
Wolfgang C. Pfeiffer

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 685, de 27 de Agosto de 1998. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685\\_98.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm). Acesso em: Novembro de 2009.
- BASTOS, W.R.; MALM, O.; PFEIFFER, W.C. & CLEARY, D. Establishment and analytical quality control of laboratories for Hg determination in biological and geological samples in the Amazon – Brazil. **Sci. Cult. J. Brazil**. **50**: 255 – 260. 1998.
- BASTOS, W.R. & LACERDA, L.D. A contaminação por mercúrio na bacia do rio Madeira: uma breve revisão. **Geochimica Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2. p. 18-99. 2004.
- BASTOS, W.R.; GOMES, J.P.O.; OLIVEIRA, R.C.; ALMEIDA, R.; NASCIMENTO, E.L.; BERNARDI, J.V.E.; LACERDA, L.D.; SILVEIRA, E.G. & PFEIFFER, W.C. Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 368, n. 1, p. 344-351, 2006.
- BASTOS, WR; REBELO, MF; FONSECA, MF; ALMEIDA, R & MALM, O. A description of mercury in fishes from the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 431-438, 2008.
- BOUDOU, A.; MAURY-BRACHET, R.; COQUERY, M.; DURRIEU, G. & COSSA, D. Synergic effect of gold mining and damming on mercury contamination in fish. **Environmental Science and Technology**, 39:2448-2454. 2005.
- BONZONGO, J.C., W.B. LYONS, M.E. HINES, J.J. WARWICK. (2002). Mercury in surface waters of three mine-dominated aquatic systems: Idrija River, Slovenia; Carson River, Nevada USA; and Madeira River, Brazil. **Geochemical Exploration and Environmental Analysis**, 2(2): 111-120.
- CALLISTO, M. Macroinvertebrados bentônicos. In: Bozelli, R.L.; Esteves, F.A. & Roland, F. **Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico**. Eds. IB-UFRJ/SBL. Rio de Janeiro, 139-152p. 2000.
- CALLISTO, M.; GONÇALVES, J.F. & MORENO, P. **Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores**. In: Goulart, E.M.A. (Eds). Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais, 555-567. 2005.
- COELHO-SOUZA, S.A.; MIRANDA, M.R. & GUIMARAES, J.R. D. A importância das macrófitas aquáticas no ciclo do mercúrio na Bacia do Rio Tapajós (PA). **Oecologia Brasiliensis**, 11:252-263. 2007.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Critério para avaliação da qualidade de sedimento. São Paulo. Disponível em: <[www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)>. Acesso em 2 de nov. 2008. 14:55. 2006.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005.
- CONSTANTINO, R. C. Características principais das ordens de insetos. In: **Textos de Entomologia**. Versão 3. 2002.
- CREMONA, F.; PLANAS, D. & LUCOTTE, M. Assessing the importance of macroinvertebrate trophic dead ends in the lower transfer of methylmercury in littoral food webs. **Aquat. Sci.** (65): 2043–2052. 2008.
- ELBAZ-POULICHET, F.; SEYLER, P.; MAURICE-BOUGOIN, L.; GUYOT, J.L & DUPUY, C. Trace element geochemistry in the upper Amazon drainage basin (Bolivia). **Chemical Geology**. v. 157 p. 319 – 334. 1999.

GARCÍA-DÁVILA, C.R. & MAGALHÃES, C. Revisão taxonômica dos camarões de água doce (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae, Sergestidae) da Amazônia peruana. **Acta Amazonica**, 33(4): 663-686. 2003.

GUIMARÃES, J.R.D.; MALM, O. & PFEIFFER, W.C. Radiochemical determination of net mercury methylation rates in sediment, water and soil samples from the Amazon region. In: International Symposium on Perspectives for Environmental Geochemistry in Tropical Countries, 1993, Niterói. **Proceedings of the International Symposium on Perspectives for Environmental Geochemistry in Tropical Countries**, 413-416. 1993.

GUIMARÃES, J.R.D.; MALM, O. & PFEIFFER, W.C. A simplified radiochemical technique for measurements of net mercury methylation rates in aquatic systems near gold mining areas, Amazon, Brazil. **Science of the Total Environment**, 175:151-162. 1995.

GUIMARÃES, J.R.D.; MEILI, M.; MALM, O. & BRITO, E.M.S. Hg methylation in sediments and floating meadows of a tropical lake in the Pantanal floodplain, Brazil. **Science of the Total Environment**, 213:165-175. 1998.

GUIMARÃES, J.R.D.; ROULET, M.; LUCOTTE, M. & MERGLER, D. Mercury methylation along a lake-forest transect in the Tapajós river floodplain, Brazilian Amazon: seasonal and vertical variations. **Science of the Total Environment**, 261:91-98. 2000.

GRAY, J. E., HINES, M. E., 2008. Biogeochemical mercury methylation influenced by reservoir eutrophication, Salmon Falls Creek Reservoir, Idaho, **USA Chemical Geology**. 2008.

HAAG, I.; KERN, U. & WESTRICH, B., Erosion investigation and sediment quality measurements for a comprehensive risk assessment of contaminated aquatic sediments. **Science of the Total Environment**. v. 266 p. 249-257. 2001.

HALL, B.D.; ST. LOUIS, V.L. & BODALY, R.A. The stimulation of methylmercury production by decomposition of flooded birch leaves and jack pine needles. **Biogeochemistry**, 68:107-129. 2004.

HALL, B.D. AIKEN G.R. KRABBENHOFT, D.P., MARVIN-DIPASQUALE, M., SWARZENSKI, C.M. 2008. Wetlands as principal zones of methylmercury production in southern Louisiana and the Gulf of Mexico region. **Environmental Pollution**, 154:124-134.

HEYES, A.; MOORE, T.R. & RUDD, J.W.M. Mercury and methylmercury in decomposing vegetation of a pristine and impounded wetland. **Journal of Environmental Quality**, 27:591-599. 1998.

HOLTHUIS, L. B. **A general revision of the Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Natantia) of the Americas, II: The subfamily Palaemonidae.** /Allan Hancock Foundation Publications/, /Occasional Paper/, 12: 1-396. 1952.

HUDSON-EDWARDS, K.A.; MACKLIN, M.G.; MILLER, J.R. & LECHER, P.J. Sources, distribution and storage of heavy metals in the Rio Pilcomayo, Bolívia. **Journal of Geochemical Exploration**. v. 72. p. 229-250. 2001.

HYLANDER, L.D., GRÖHN, J., TROPP, M., VIKSTRÖM, A., WOLPHER, H., SILVA, E.C., MEILI, M. & OLIVEIRA, L.J. Fish Mercury Increase in Lago Manso, a New Hydroelectric Reservoir in Tropical Brazil. **Journal of Environmental Management**. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE – IBAMA. Relatório de impacto ambiental das usinas hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau. Disponível em: <[www.ibama.licenciamentos.gov.br](http://www.ibama.licenciamentos.gov.br)> Acesso em 22 de nov. de 2008. 16:25. 2005.

**Estudo de Impacto Ambiental.** Relatório Final I. Tomo B, Vol. 1/8. 287p.



JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. 110-127. In: Dodge DP (ed) Proceedings of the International Large River Symposium. **Can Spec Publ Fish Aquat Sci**, 106. 1989.

JUNK, WJ. **The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, vol 126. 1997.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**, 3<sup>rd</sup> ed, Boca Raton, CRC Press, 413p. 2001.

KELLY, CA; RUDD, J.W.M.; BODALY, R.A.; ROULET, N.P.; ST. LOUIS, V.L.; HEYES, A.; MOORE, T.R.; SCHIFF, S.; ARAVENA, R.; SCOTT, K.J.; DYCK, B.; HARRIS, R.; WARNER, B. & EDWARDS, G. Increases in fluxes of greenhouse gases and methyl mercury following flooding of an experimental reservoir. **Environmental Science and Technology**, 31:1334-1344. 1997.

LACERDA, L.D. & SALOMONS, W. **Mercury from Gold and Silver Mining: A Chemical Time Bomb**. Springer Verlag, Berlin, 146p. 1998.

LACERDA, L. D.; SOUZA, M. & RIBEIRO, M. G. **Environ. Pollut.** 129, 247. 2004.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R. & KER, J.C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazônica** v.35(3). p 317-330. 2005.

LIU, G., CAI, Y., PHILLIPI, T., KALLA, P., SCHEIDT, D., RICHARDS, J., SCINTO, L., APPLEY, C. 2008. Distribution of total and methylmercury in different ecosystem compartments in the Everglades: Implications for mercury bioaccumulation. **Environmental Pollution**, 153, 257:265

LOBÃO, V. L.; SAWAYA, P. & SANTOS, L. E. Influência da temperatura, precipitação pluviométrica e insoação na reprodução de *Macrobrachium holthuisi*. **Inst. Pesca.** (2): 109-118. 1978.

MENEZES, J. M. Variação espacial e sazonal de aspectos limnológicos associada ao uso e ocupação da micro-bacia do igarapé Belmont. Porto velho/Rondônia/Amazônia Ocidental. **Monografia**. FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA, 108p. 2007.

MIRANDA M.R.; GUIMARÃES J.R.D.; ROULET M.; ACHA D.; COELHO-SOUZA S.; MAURO J.B.N. & IÑIGUEZ V. Mercury methylation and bacterial activity in macrophyte-associated periphyton in floodplain lakes of the Amazon basin. **RMZ – Materials and Geoenvironment**, 51:1218-1220. 2004.

MONTGOMERY, S., LUCOTTE, M. RHEAULT, I. Temporal and spatial influences of flooding on dissolved mercury in boreal reservoirs, **Science of the Total Environment**, 260(1-3), 147:157. 2000.

MUNTHE, J.; BODALY, R.A.; BRANFIREUN, B.A.; DRISCOLL, C.T.; GIMOUR, C.T.; HARRIS, R.; HORVAT, M.; LUCOTTE, M. & MALM, O. Recovery of mercury-contaminated fishes. **Ambio**, 36:33-44. 2007.

MURESAN, B.; COSSA, D.; RICHARD, S. & DOMINIQUE, Y. Monomethylmercury sources in a tropical reservoir. **Applied Geochemistry**. 23:1101-1126. 2008.

OLIVEIRA, L.C.; SERUDO, L.R.; BOTERO, W.G.; MENDONÇA, A.G.R.; SANTOS.A.; ROCHA, J.C. & NETO, F.S.C.; Distribuição de mercúrio em diferentes solos da dacia do médio rio Negro – AM: Influência da matéria orgânica no ciclo biogeoquímico do mercúrio. **Química Nova** v.30, nº2, 274-280, 2007.

PESSENDA, L.C.R.; FERREIRA, J.R.; TANCRADI, A.C.F.N.S.; MARTINELLI, L.A.; HIRATA, R. & MORTATTI, J. Caracterização química das águas de alguns rios do estado de Rondônia. **Acta limnológica Brasiliensis**. v. 1. p 179-199. 1986.

PFEIFFER, WC; LACERDA, LD; MALM, O; SOUZA, C. M. M.; SILVEIRA, EG & BASTOS, W. R. Mercury concentrations in inland waters of gold mining areas in Rondônia, Brasil.. **Science of the Total Environment**. v.87/88, p.233 - 240, 1989.

PORVARI, P. Development of fish mercury concentrations in finnish reservoirs from 1979 to 1994. **The Science of the Total Environment**, 213: 279-290. 1998.

ROULET, M.; GUIMARÃES, J.R.D. & LUCOTTE, M. Methylmercury production and accumulation in sediments and soils of an Amazon floodplain- effect of seasonal inundation. **Water Air Soil and Pollution**, 128:41-60. 2001.

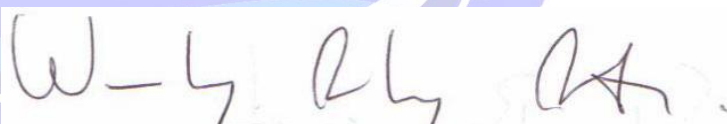
SANTOS, R.D. et al. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 5. ed. Viçosa: SBCS. 92 p. 2005.

SCHETAGNE, R.; DOYON, J.F. & FOURNIER, J.J. Export of mercury downstream from reservoirs. **Science of the Total Environment**, 260:135-145. 2000.

SILVA, D. S.; LUCOTTE, M.; ROULET, M.; POIRIER, H.; MERGLER, D.; CROSSA M. 2006. Mercúrio nos peixes do Rio Tapajós, Amazônia Brasileira. ©INTERFACEHS – **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente** - v.1, n.1, Art 6. Amazonas.

SILVA-FILHO, E. V.; KÜTTER, M. T.; KÜTTER, V. T.; LACERDA, L. D. 2008. **Mercúrio em peixes no Brasil e sua implicação ecológica: Revisão bibliográfica**. III Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO. 2008. Fortaleza (CE).

TREMBLAY, A.; CLOUTIER, L. & LUCOTTE, M. Total mercury and methylmercury fluxes via emerging insects in recently flooded hydroelectric reservoirs and natural lake. **Science of the Total Environment**, 219:209-221. 1998.



Wanderley Rodrigues Bastos

Wanderley Rodrigues Bastos

Laboratório  
**BIOGEOQUÍMICA  
AMBIENTAL**  
Wolfgang C. Pfeiffer