

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE
FEDERAL DE RONDÔNIA



**RELATÓRIO
AVALIAÇÃO AMBIENTAL**

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

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

ABRIL/2012

Coordenação:

Prof. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos (wanderley@pq.cnpq.br)

Equipe Ambiental:

Dr. Márcio Rodrigues de Miranda (UFRJ/UNIR)

MSc. Ronaldo de Almeida (UNIR/UFRJ)

MSc. Roberta Carolina F. Galvão (UNIR)

MSc. Dario Pires de Cavalho (Doutorando UNIR/UFRJ)

MSc. Marília Higinio Mussy (UNIR)

Biol. Igor Bruno Barboza de Holanda (Mestrando/UNIR)

Biol. Maria Thereza Souza Bastos (UNIR)

Quím, Leidiane Caroline Lauthartte (Mestranda/UNIR)

Quím. Maria Cristina Nery do Nascimento (UNIR)

Charlliene Lima da Silva (Iniciação Científica/UNIR)

Júlia Yuones Herrmann (Iniciação Científica/UNIR)

Lauana Almeida Neres (Iniciação Científica/UNIR)

Andressa de Jesus (Iniciação Científica/UNIR)

INTRODUÇÃO GERAL

O presente relatório contém os dados obtidos no período de Agosto de 2011 a Abril de 2012. A finalidade desse estudo é dar continuidade ao Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico do Rio Madeira. Nesse trabalho foram realizados o monitoramento de mercúrio e demais elementos-traço nos solos da área de supressão de vegetação, remoção de solos e rochas (canteiro de obras), áreas como atividade de garimpo de ouro e nos peixes. Esta fase do estudo é fundamental para acompanhar e compreender a evolução do comportamento do mercúrio nas áreas críticas durante a fase de enchimento e pós-enchimento do reservatório, estabelecendo os parâmetros de comparação com a fase de pré-enchimento e previsão para a fase de estabilização do reservatório. A seguir são apresentados os resultados do Programa.

PONTOS DE COLETA

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 02	321048,621	8982950,455	Segunda Estação do Rio Caripunas
CT 01	342919,204	8971136,310	Rio Contra
RBR 01	346294,888	8963076,064	Rio Branco
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
MDCP	322645,757	8982927,388	Rio Madeira Próximo ao Rio Caripunas à Montante de Sto Antônio
MD 01	371247,682	9004371,914	Rio Madeira Próximo às Corredeiras do Morrinho
MD 02	392579,799	9025917,021	Rio Madeira à Montante de Santo Antonio
MD 03	398060,995	9028624,335	Rio Madeira à Jusante de Santo Antônio
MD 04	406280,354	9045466,597	Rio Madeira à Jusante de Santo Antônio em frente ao Igarapé Belmont

I. ÁGUA

A amostragem na coluna d'água deverá ser realizada de acordo com o enchimento do reservatório até sua estabilização por um período de aproximadamente 5 anos, embora nos reservatórios convencionais a estabilidade dos níveis de mercúrio superem os 15 anos. Essa amostragem deverá ser da matriz água e a coleta deverá ser na superfície e no fundo.

O monitoramento de Hg-total e metil-Hg na coluna d'água será realizado mensalmente até a estabilização do enchimento do reservatório para avaliar a produção e disponibilização de metil-Hg para coluna d'água e, posterior acumulação pelo cadeia trófica (Muresan et al., 2007).

I.1. ANÁLISE DE METILMERCÚRIO TOTAL [MEHg(T)] E METILMERCÚRIO DISSOLVIDO [MEHg(D)]

As amostras de água filtradas e não filtradas foram analisadas para o MeHg após a destilação, separação por cromatografia (CG) e detecção por espectrofotometria de fluorescência atômica (AFS) com geração de vapor frio. Os protocolos de destilação e análise das amostras foram baseados nos métodos desenvolvidos por Bloom & Fitzgerald (1988) e EPA (2001).

Para a análise de metilmercúrio na água total [MeHg(t)] e metilmercúrio dissolvido [MeHg(d)]. 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 N₂ por 5 horas. Cerca de 40mL de cada alíquota foi destilada após a adição de 0,2mL de pirrolidina ditiocarbamato de amônio (**APDC**) como agente de complexação. A alíquota foi destilada em frasco de PTFE (marca Savillex).

Após a destilação, as amostras foram transferidas para frasco âmbar (40mL). Em seguida foram adicionados 0,2ml de solução *buffer* para ajuste do pH (4,9). Posteriormente, foi realizada a etilação das amostras com a adição de 0,05mL de NaBEt₄ (agente derivatizante). As amostras foram analisadas por CG-AFS (*MERX™ Automated Methyl Mercury Analytical System – Brooks Rand*).

I.1.2. RESULTADOS e DISCUSSÃO

I.1.2.1. Mercúrio Total

Os resultados das concentrações médias de mercúrio total nas águas superficiais do Rio Madeira e tributários estão expressos na tabela I.1 abaixo.

Tabela I.1. Concentrações médias de mercúrio total (HgT) nas frações dissolvida (filtrada) e total (não-filtrada) nas águas superficiais dos tributários e do Rio Madeira coletadas durante o enchimento do reservatório (novembro de 2011).

Localidade	HgT-D (ng/L)	HgT-T (ng/L)	HgT-D/HgT-T (%)
Rio Jacy-Paraná	1,08	3,15	34,29
Igarapé Jatuarana	1,59	4,68	33,97
Rio Madeira Montante	0,80	6,46	12,38
Rio Madeira Jusante	5,24	8,04	65,17

HgT-D: fração dissolvida
HgT-T: fração total

Foi possível observar um aumento de cerca de 6 vezes na concentração de mercúrio na fração dissolvida nos pontos coletados no Rio Madeira a jusante do reservatório quando comparados com os pontos coletados no Rio Madeira a montante do reservatório. Entretanto, não houve aumento expressivo quando comparadas as concentrações de mercúrio na fração total (Figura I.1).

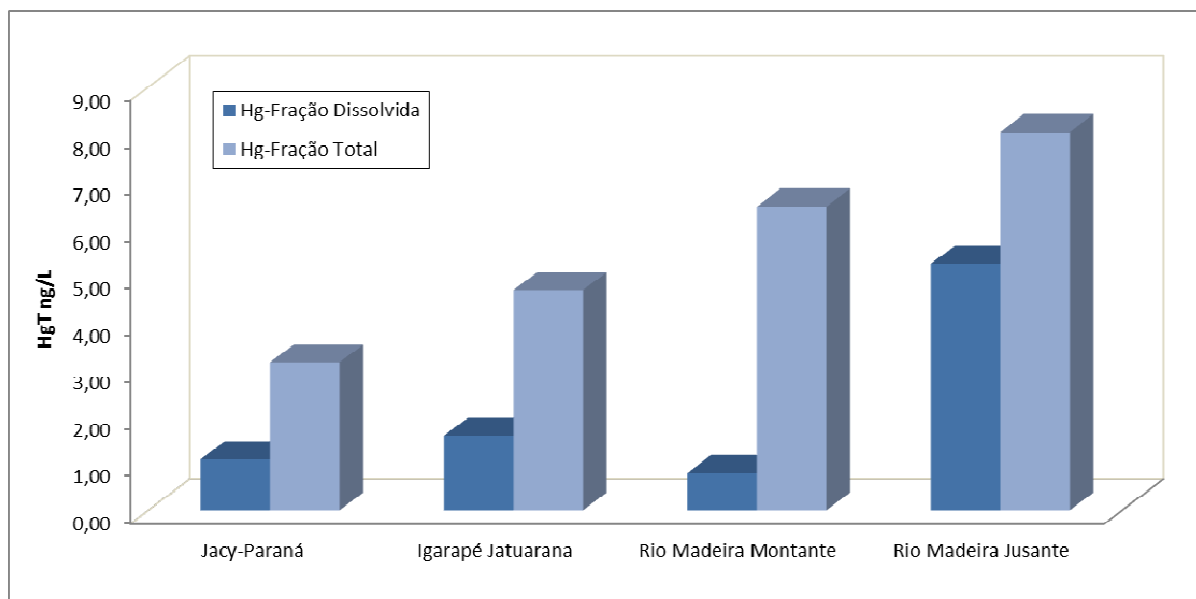


Figura I.1. Concentração de mercúrio total (HgT) em ng/L nas frações dissolvida e total das águas superficiais do Rio Madeira e tributários.

I.1.2.2. Metilmercúrio

Os resultados das concentrações médias de metilmercúrio nas águas superficiais do Rio Madeira e tributários estão expressos na tabela I.2 abaixo.

Tabela I.2. Concentrações médias de metilmercúrio na fração dissolvida (MeHg-D) nas águas superficiais dos tributários e do Rio Madeira coletadas durante o enchimento do reservatório (novembro e dezembro de 2011).

Localidade	Novembro MeHg-D (ng/L)	Dezembro MeHg-D (ng/L)
Jacy-Paraná	0,04	0,10
Rio Contra	na	0,09
Rio Branco	na	0,10
Igarapé Jatuarana	0,06	na
Rio Madeira Montante	0,03	0,05
Rio Madeira Jusante	0,06	na

MeHg-D: fração dissolvida
na = não analisado

Com relação à concentração de metilmercúrio no Rio Madeira à jusante da barragem foi possível notar que houve um aumento de 2 vezes quando comparadas à concentração encontrada no Rio Madeira à montante da barragem do reservatório. De acordo com o Canavam et al (2000), o

metilmercúrio produzido nos reservatórios é exportado a jusante durante a descarga de água resultando em concentrações de mercúrio ainda mais elevadas na biota a jusante do reservatório (Hylander et al 2005).

Schetagne et al (2000), em estudos realizados sobre a exportação de MeHg a jusante do reservatório Caniapiscau (USA) verificaram que cerca de 64% do metilmercúrio exportado a jusante ocorre na fase dissolvida enquanto que o 33% do metilmercúrio é exportado a jusante via material particulado. O MeHg exportado por organismos na coluna d'água corresponde entre 2,5 - 3%. Apesar de corresponder a uma pequena fração do metilmercúrio total exportado a jusante esta fração é diretamente assimilado pelos peixes a jusante.

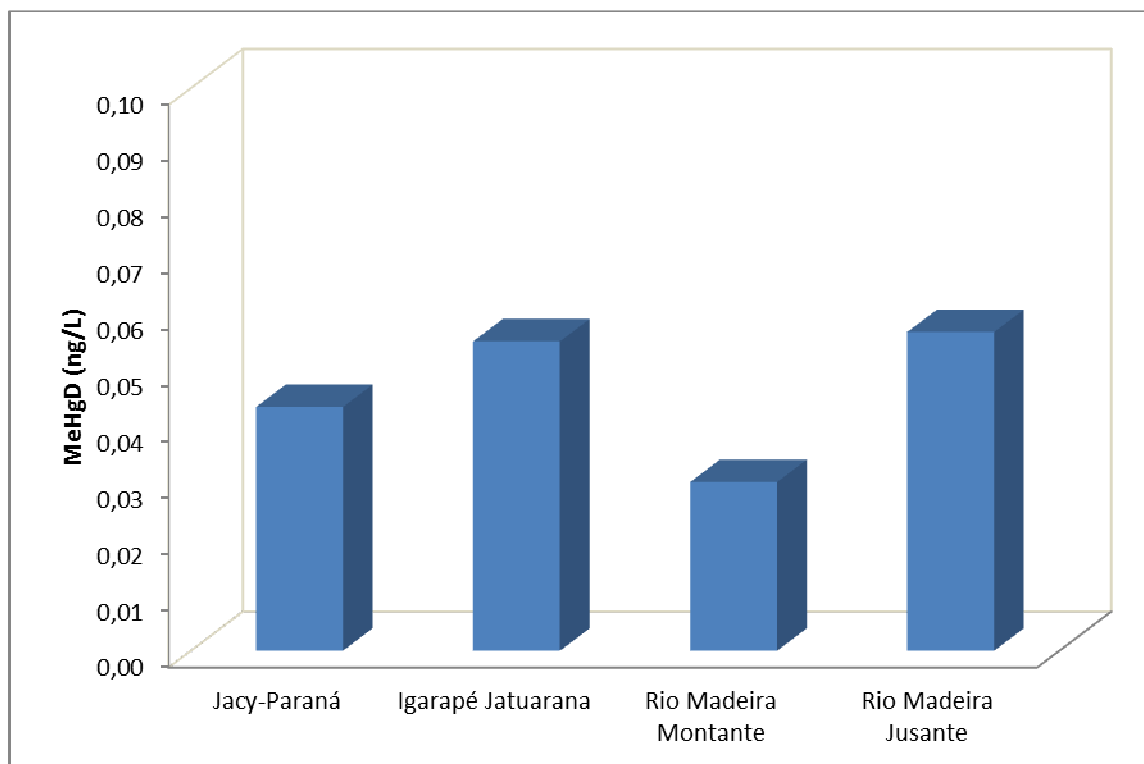


Figura I.2. Concentração de metilmercúrio na fração dissolvida (MeHg-D) em ng/L nas águas superficiais do Rio Madeira e tributários em novembro de 2011.

Ao compararmos os resultados encontrados em dezembro com os dados analisados em novembro é possível notar um aumento de 2 vezes na concentração de metilmercúrio no Rio Jacy-Paraná (Figura I.3)

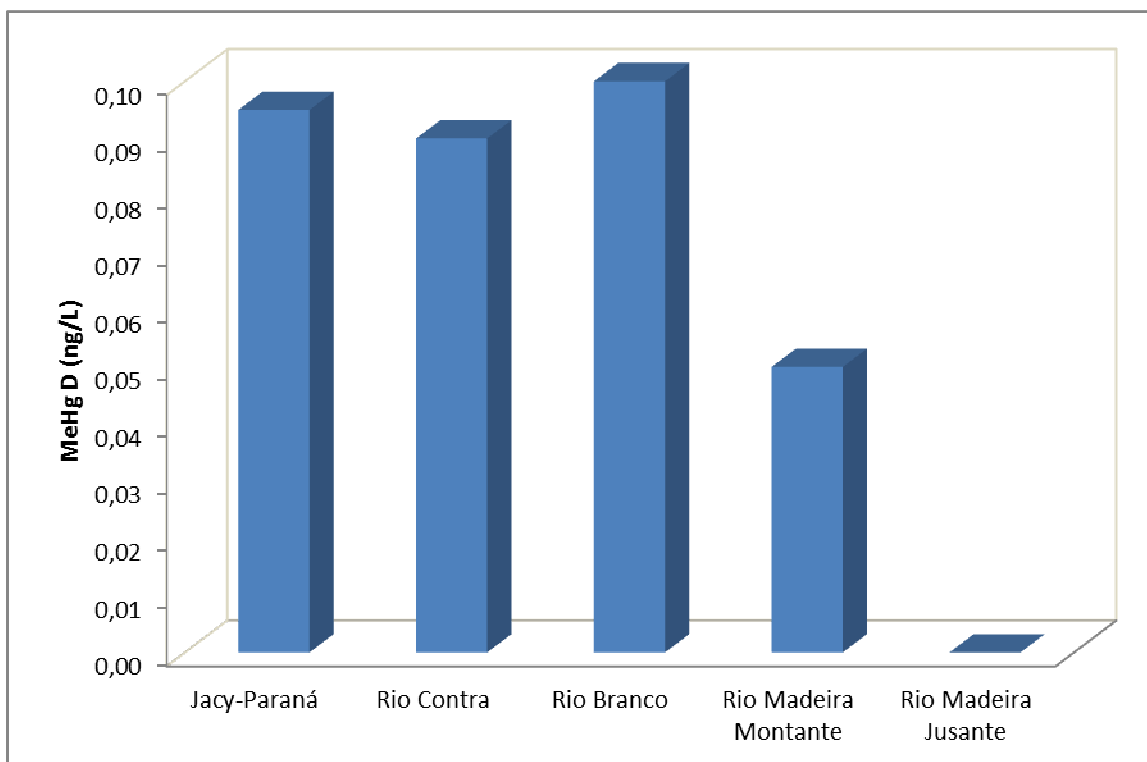


Figura I.3. Concentração de metilmercúrio na fração dissolvida (MeHg-D) em ng/L nas águas superficiais do Rio Madeira e tributários em dezembro de 2011.

Ao compararmos com os dados obtidos durante o pré-enchimento do reservatório foi possível observar que os valores seguem a mesma tendência de aumento nas concentrações de metilmercúrio concomitante ao aumento do nível da água (Tabela I.3). Nos dados obtidos no pré-enchimento foi possível observar que ocorreu uma variação sazonal nas concentrações de MeHg na água. O período de águas baixas apresentou a menor concentração de metilmercúrio na fração dissolvida (0,014 ng/L), enquanto que o período de águas altas apresentou as maiores concentrações de metilmercúrio na fração dissolvida (0,541 ng/L). No período de águas baixas as concentrações de MeHg encontradas nas estações eram até 39 vezes mais baixas do que no período de águas altas.

Tabela I.3. Concentrações médias de metilmercúrio na fração dissolvida (MeHg-D) nas águas superficiais dos tributários e do Rio Madeira coletadas durante o pré-enchimento e enchimento do reservatório.

Localidade	PRÉ-ENCHIMENTO				ENCHIMENTO	
	Vazante MeHg-D (ng/L)	Águas Baixas MeHg-D (ng/L)	Enchente MeHg-D (ng/L)	Águas Altas MeHg-D (ng/L)	Novembro MeHg-D (ng/L)	Dezembro MeHg-D (ng/L)
Jacy-Paraná (n=1)	0,05	0,02	0,04	0,19	0,04	0,10
Rio Contra (n=1)	0,03	0,02	0,06	0,06	na	0,09
Rio Branco (n=1)	0,03	0,02	0,04	0,08	na	0,10
Igarapé Jatuarana I (n=1)	0,16	0,02	0,15	0,15	0,06	na
Rio Madeira Montante (n=3)	0,06	0,03	0,03	0,07	0,03	0,05
Rio Madeira Jusante (n=2)	0,05	0,04	0,03	0,06	0,06	na

MeHg-D: fração dissolvida
na = não analisado

I.1.2.3. Formação de Metilmercúrio

De acordo com Drott et al (2008), a concentração de metilmercúrio normalizada para o mercúrio total (%MeHg) pode ser utilizada como um instrumento na avaliação do potencial de metilação em diversos ambientes. A tabela I.4 expressa os valores de potencial de metilação de acordo com Drott et al (2008).

Tabela I.4. Porcentagem de metilmercúrio com relação ao mercúrio total na fração dissolvida nas águas superficiais do Rio Madeira e Tributários durante enchimento (novembro de 2011).

Localidade	Longitude	Latitude	%MeHg
Jacy-Paraná	347109,686	8981698,192	3,70
Igarapé Jatuarana	384539,715	9024006,687	3,77
Rio Madeira Montante	322645,757 371247,682 392579,799	8982927,388 9004371,914 9025917,021	3,75
Rio Madeira Jusante	398060,995 406280,354	9028624,335 9045466,597	1,15

Foi possível notar que a formação de metilmercúrio é cerca de 3 maior à montante do reservatório do que à jusante. O processo de enchimento para a formação de reservatórios tende a aumentar a concentração de metilmercúrio nos diversos compartimentos bióticos e abióticos. São diversos os estudos confirmando essa potencialização (Kelly et al., 1997; Heyes et al., 1998; Porvari, 1998; Tremblay et al. 1998; Schetagne et al., 2000; Tuomola, 2005; Muresan et al., 2008).

II. MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO (MPS)

As amostras de material particulado em suspensão foram obtidas a partir da água coletada durante o período de enchimento do reservatório e acondicionadas em garrafas tipo PET. Após as coletas as amostras foram mantidas resfriadas e, posteriormente em laboratório foram filtradas em filtros de acetato de celulose de 0,45 μ m (Whatman).

Para a determinação de Hg-total e metil-Hg primeiramente os filtros foram pesados (P1) e mantidos em dissecador até o momento da filtração. Após a filtração os filtros com MPS foram secos em estufas e pesados (P2) e em seguida digeridos para quantificação dos teores de Hg-total. Procedimento semelhante foi realizado para a quantificação dos outros metais pesados.

Este procedimento proporcionou a quantificação de Hg e outros metais pesados transportado nas estações de monitoramento via o MPS.

II.1. RESULTADOS

II.1.2. Elementos-traço

Os resultados dos elementos-traço estudados, à exceção do mercúrio, estão expressos na tabela II.1. As análises do mercúrio no material particulado em suspensão estão em andamento.

Tabela II.1. Concentrações médias de elementos-traço no material particulado em suspensão nos tributários e no Rio Madeira durante o enchimento.

Localidade	Co	Mn	Cr	Cu	Ni	Pb	Fe	Zn
J01	24,94	1469,67	71,13	6,32	<LDT	179,75	79153,15	183,05
RBR	16,20	862,07	61,52	8,82	<LDT	130,38	60107,09	134,38
CT	16,81	525,55	73,83	9,60	<LDT	112,94	64751,69	149,68
J02	16,46	621,88	80,28	7,66	<LDT	73,57	61650,84	155,93
CP02	0,22	1,66	0,75	0,06	<LDT	<LDT	479,83	1,88
BLM01	7,81	54,32	41,47	12,16	<LDT	42,22	31971,43	59,44
JATI 01	15,53	507,51	33,09	31,24	16,16	47,78	35790,88	105,33
JATII 01	12,36	46,20	55,34	14,58	<LDT	96,71	35763,16	110,00
MDCP	17,45	519,44	27,49	35,32	22,20	46,84	33906,94	103,11
MD01	16,21	487,55	33,13	29,92	79,52	47,59	34261,19	122,18
MD02	18,93	476,41	34,04	29,49	12,08	44,48	35892,70	103,22
MD03	13,19	431,11	18,18	22,00	17,74	22,95	22463,71	66,32
MD04	14,95	454,27	30,25	26,40	14,68	34,33	31567,57	90,52

LDT = Limite de Detecção da Técnica

Os elementos-traço considerados traçadores industriais e da atividade urbana como o Cd, Cr, Cu e Pb continuam a apresentar concentrações relativamente baixas no material particulado em suspensão, não apresentando aumento significativo quando comparado ao pré-enchimento.

III. PLÂNCTON

A amostragem de plâncton (zooplâncton e fitoplâncton) foi realizada nos ambientes lênticos formados pelo reservatório como o Rio Jacy-Paraná e Igarapé Jatuarana I. Para a amostragem e análise de plâncton foi utilizado como referencia base estudos realizados (Tremblay et al 1998). Modificações nos estudos originais serão realizadas quando necessária.

As amostras de plâncton foram coletadas através de arrastes na superfície da água com o uso de redes de nylon com abertura de poro de diferentes tamanhos, 25µm (apropriada para coleta de fitoplâncton) e uma segunda rede com abertura de poro de 70µm (apropriada para coleta de zooplâncton que possuam esta faixa de tamanho, a exemplo dos cladóceros).

III.1. RESULTADOS

Os valores de mercúrio encontrados no plâncton dos diferentes ambientes nas diferentes frações de tamanho são apresentados a seguir (Tabela III.1).

Tabela III.1. Concentrações médias de mercúrio total no fitoplâncton e zooplâncton nos tributários do Madeira durante o enchimento.

Localidade	HgT (mg/kg)	
	Fitoplâncton (25µm)	Zooplâncton (70µm)
Jacy-Paraná	0,079	0,124
Lago Madalena (Jacy-Paraná)	0,069	0,136
Igarapé Jatuarana I	0,085	0,074

As concentrações médias de mercúrio total nos tributários à montante da barragem do reservatório da UHE Santo Antônio não superaram as médias regionais tanto no zooplâncton quanto no fitoplâncton, ficando abaixo dos valores encontrados no pré-enchimento

IV. INVERTEBRADOS AQUÁTICOS

Os camarões juvenis constituem importantes agentes de bioturbação do sedimento de fundo, já que nos estágios iniciais de suas vidas vivem mais próximos ao fundo dos corpos hídricos e tem nesses ambientes sua principal fonte de alimento. A remobilização do material depositado no sedimento superficial de fundo dos rios pode influenciar a biodisponibilização do Hg (Souza et al., 2008). A concentração de Hg em indivíduos imaturos pode estar relacionada ao fato do estágio larval ser aparentemente o mais sensível do ciclo de vida dos invertebrados (Boeing, 2000).

As coletas dos invertebrados aquáticos foram realizadas com redes de arraste de 250µm para coleta na superfície da água. As amostras do substrato na superfície do sedimento de fundo foram realizadas utilizando-se de draga de Eckman. Estas foram coletadas e peneiradas para separar os animais do folhigo.

Após a identificação até o menor grupo taxonômico, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno e resfriados até o momento da análise. Este processo será repetido nos principais habitat nas estações de coletas de material biótico. Nos locais de coleta foi realizada uma avaliação com o objetivo de melhor compreensão ecológica destes grupos de indivíduos para posterior avaliação durante as alterações causadas pela formação do reservatório.

IV.1. RESULTADOS

Na tabela IV.1 estão apresentados os resultados da concentração de mercúrio total nos camarões capturados no Rio Madeira na Campanha de Dezembro de 2011 (enchimento).

Tabela IV.1. Concentração de mercúrio total em camarões coletados durante o enchimento no Rio Madeira (próximo ao ponto MD04).

Amostras	HgT (mg/kg)
IVMD 28221 1	0,033
IVMD 28221 2	0,066
IVMD 28221 3	0,036
IVMD 28221 4	0,071
IVMD 28221 5	0,058
IVMD 28221 6	0,044
IVMD 28221 7	0,023
IVMD 28221 8	0,070
IVMD 28221 9	0,089
IVMD 28221 10	0,103
IVMD 28221 11	0,069

Assim como observado nas amostras de fitoplâncton e zooplâncton, as concentrações médias de mercúrio total nos camarões se encontram na mesma faixa dos valores encontrados nos estudos realizados durante o pré-enchimento.

V. MACRÓFITAS AQUÁTICAS

Na fase de enchimento e operação o EIA-RIMA prevê um aumento nos bancos de macrófitas, principalmente próximo aos principais tributários e em seus meandros abandonados. As macrófitas foram coletadas em integração com o Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas.

As amostras foram coletadas e armazenadas em sacos de polipropileno e mantidas refrigeradas até o laboratório de Biogeoquímica Ambiental WCP/UNIR onde, posteriormente serão analisadas.

V.1. RESULTADOS

Na tabela V.1 estão apresentados os resultados da concentração de mercúrio total e demais elementos-traço nas macrófitas coletadas pelo Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas

Tabela V.1. Concentrações médias de mercúrio total e demais elementos-traço (mg/kg) em macrófitas nos rios, igarapés e lagos amostrados pelo Programa de Monitoramento Limnológico e de Macrófitas Aquáticas durante o enchimento.

Localidade	Co	Mn	Cr	Cu	Ni	Pb	Fe	Zn	Hg
Rio Jacy-Paraná	1,10	104,60	1,59	1,23	3,47	2,17	72,63	19,15	0,0028
Rio Madeira	3,22	607,69	3,49	8,11	5,05	3,97	4337,42	24,11	0,0416
Igarapé Ceará	1,82	157,30	2,54	1,80	2,84	2,44	467,89	17,46	0,0057
Igarapé Caracol	1,32	104,39	1,37	1,23	2,16	1,92	137,46	98,19	0,0034
Igarapé São Miguel	20,37	1893,08	3,35	7,39	8,20	3,83	6201,13	57,19	0,0322
Lago do Cuniã	1,12	178,18	0,66	3,13	4,75	1,04	81,81	39,23	<LDT
Lago do Cuniã	0,89	63,00	0,81	1,82	3,31	0,76	90,74	15,19	<LDT
Lago do Cuniã	1,15	347,78	1,05	3,83	5,57	1,50	130,07	73,72	<LDT

Os valores encontrados no presente estudo estão na mesma faixa de concentração dos valores encontrados no estudo prévio realizado durante o pré-enchimento. Com exceção dos valores encontrados no Igarapé São Miguel, que apresentou um aumento de cerca de dez vezes quando comparado ao pré-enchimento.

VI. PEIXES

As amostras de peixes foram coletadas através da integração com o Programa de Ictiologia nas localidades demonstradas na figura VI.1. Alíquotas do tecido muscular dos indivíduos foram retiradas ao final de cada despesca no Laboratório de Ictiofauna/UNIR, onde se obtém também as informações de identificação das espécies, assim como dados biométricos das diversas espécies de peixes coletados.

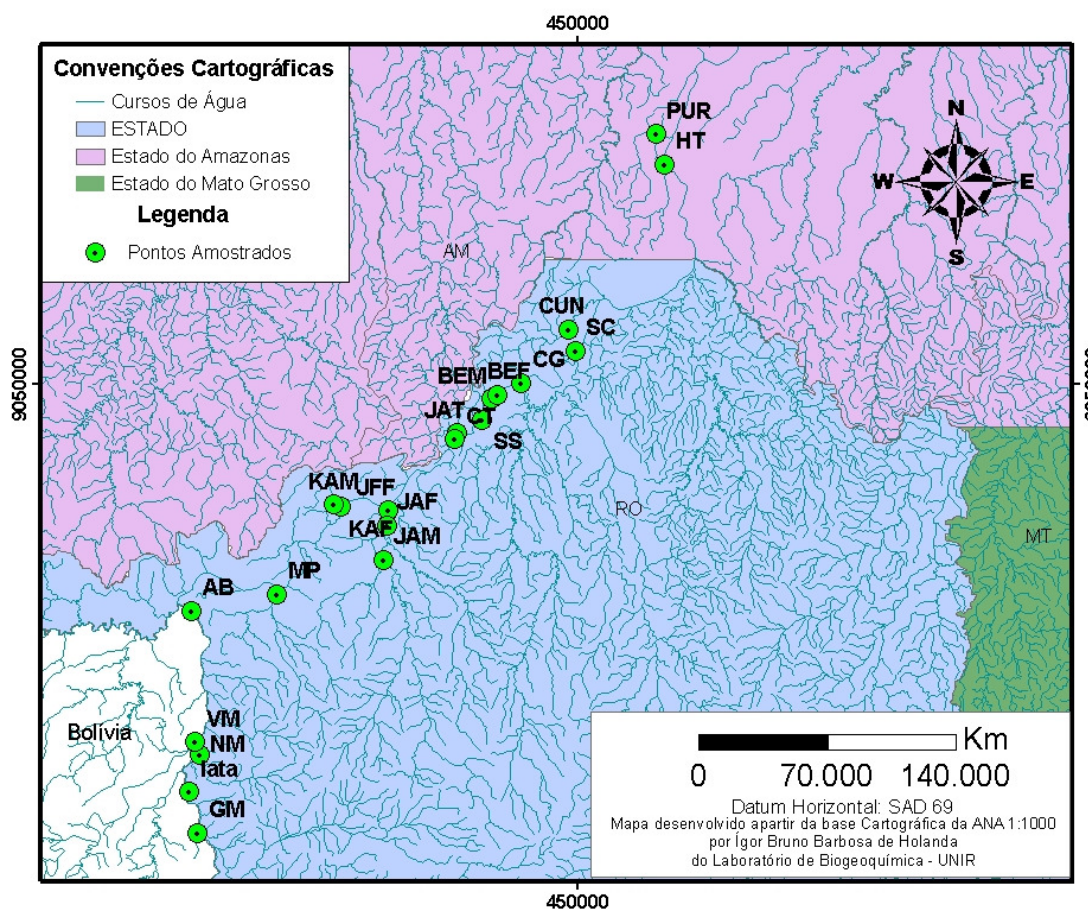


Figura VI.1. Desenho amostral dos pontos de coleta do programa de Ictiologia: GM = Guajará-Mirim; Iata = Comunidade Iata; NM = Comunidade Nova Mamoré; VM = Comunidade Vila Murinho; AB = Comunidade Abunã; MP = Comunidade Mutum Paraná; JAM = Rio Jaci-Paraná montante; JAF = Rio Jaci-Paraná foz; JFF = Rio Jaci-Paraná foz foz; KAF = Igarapé Caripunas foz; KAM = Igarapé Caripunas montante; JAT = Igarapé Jatuarana; SS = São Sebastião; CT = Comunidade Teotônio; BEM = Igarapé Belmont montante; BEF = Igarapé Belmont foz; CG = Comunidade Cujubim Grande; SC = Comunidade São Carlos; CUN = Lago Cuniã; PUR = Lago Puruzinho; HT = Comunidade Humaitá.

Para a determinação de Hg, as amostras foram descongeladas e pesadas em balança de precisão (peso fresco), para os de hábito alimentar carnívoros pesou-se cerca de 0,200g e os não carnívoros pesou-se cerca de 0,400g, ambas peso úmido (p.u.). 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 H₂O₂ concentrado e solução sulfonídrica 1:1 (HNO₃:H₂SO₄). Em seguida as amostras foram colocadas em blocos digestores a temperatura de 70°C. Após 30 min foi adicionada às amostras a solução de KMnO₄ 5 % e recolocadas no bloco digestor por mais 20 minutos (Figura VIII.4). Após cerca de 12 h em repouso (*overnight*) foram adicionadas às amostras gotas de cloridrato de hidroxilamina a 12%. A leitura das amostras para quantificação de Hg foi realizada no espectrofotômetro de absorção atômica por vapor frio (FIMS-400, Perkin Elmer).

VI.1. RESULTADOS

Na tabela VI.1 são apresentados os resultados das concentrações de mercúrio da Ictiofauna do Igarapé Belmont e Jatuarana, do Rio Jaci-Paraná e dos Lagos do Cuniã e do Puruzinho.

Tabela VI.1. Resultados das concentrações de mercúrio (mg/kg) em peixes de acordo com a localidade e espécie. Em destaque (vermelho) estão os valores acima dos limites determinados pela OMS² e ANVISA³. *(continua)*

Localidade	Espécie	Mercúrio (média Hg Total)	Desvio Padrão	n
Igarapé Belmont - foz	<i>Pellona castelnaeana</i>	1,737	0,830	3
	<i>Potamorhina latior</i>	0,112	0,042	12
	<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	0,037	-	1
Igarapé Belmont - montante	<i>Mylossoma aureum</i>	0,019	0,007	3
	<i>Oxydoras niger</i>	0,112	-	1
	<i>Satanoperca sp.</i>	0,317	0,075	3
	<i>Schizodon fasciatus</i>	0,070	0,031	2
	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	0,222	0,055	2
	<i>Sternopygus macrurus</i>	0,238	-	1
	<i>Triportheus angulatus</i>	0,293	0,200	5
	<i>Triportheus auritus</i>	0,154	0,089	2

Tabela VI.1 Resultados das concentrações de mercúrio (mg/kg) em peixes de acordo com a localidade e espécie. Em destaque (vermelho) estão os valores acima dos limites determinados pela OMS² e ANVISA³. (continua)

Localidade	Espécie	Mercúrio (média Hg Total)	Desvio Padrão	n
Lago do Cuniã	<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	1,147	-	1
	<i>Ageneiosus ucayalensis</i>	0,115	-	1
	<i>Anodus sp.</i>	0,052	0,010	2
	<i>Auchenipterichthys thoracatus</i>	0,093	-	1
	<i>Auchenipterus ambyiacus</i>	0,202	-	1
	<i>Centromochlus heckelii</i>	0,249	-	1
	<i>Chaetobranchus flavescens</i>	0,053	-	1
	<i>Cichla pleiozona</i>	0,152	-	1
	<i>Hoplias malabaricus</i>	0,193	-	1
	<i>Leporinus friderici</i>	0,023	-	1
	<i>Mylossoma duriventre</i>	0,010	0,004	2
	<i>Pellona castelnaeana</i>	0,464	0,270	2
	<i>Pimelodus aff. blochii</i>	0,166	-	1
	<i>Potamorhina latior</i>	0,025	0,008	20
	<i>Prochilodus nigricans</i>	0,026	0,021	10
	<i>Pygocentrus nattereri</i>	0,092	0,032	7
	<i>Schizodon fasciatus</i>	0,281	-	1
<i>Triportheus angulatus</i>	0,093	0,046	2	
Rio Jaci-Paraná - foz	<i>Acestrorhynchus falcirostris</i>	1,196	0,499	3
	<i>Acestrorhynchus heterolepis</i>	0,561	0,258	3
	<i>Auchenipterichthys thoracatus</i>	0,167	-	1
	<i>Curimata vittata</i>	0,025	-	1
	<i>Potamorhina latior</i>	0,025	-	1
	<i>Roestes molossus</i>	0,339	-	1
Rio Jaci-Paraná - montante	<i>Roestes molossus</i>	0,276	-	1
	<i>Myloplus asterias</i>	0,002	0,002	2
	<i>Acestrorhynchus falcirostris</i>	0,195	-	1
	<i>Acestrorhynchus heterolepis</i>	0,229	0,041	3
	<i>Hypostomus pyrineusi</i>	0,011	-	1
	<i>Loricariichthys maculatus</i>	0,186	-	1
	<i>Pimelodus aff. blochii</i>	0,108	-	1
	<i>Prochilodus nigricans</i>	0,060	0,018	3
Igarapé Jatuarana	<i>Hydrolycus scomberoides</i>	1,447	-	1
	<i>Acestrorhynchus falcirostris</i>	0,242	-	1
	<i>Acestrorhynchus heterolepis</i>	0,292	-	1
	<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	0,006	-	1
	<i>Hemiodoras stenopeltis</i>	0,565	-	1
	<i>Hydrolycus scomberoides</i>	0,641	-	1
	<i>Hypostomus cf. marginatus</i>	0,071	-	1

Tabela VI.1 Resultados das concentrações de mercúrio (mg/kg) em peixes de acordo com a localidade e espécie. Em destaque (vermelho) estão os valores acima dos limites determinados pela OMS² e ANVISA³. (continua)

Localidade	Espécie	Mercúrio (média Hg Total)	Desvio Padrão	n
	<i>Leporinus friderici</i>	0,038	-	1
	<i>Mylossoma aureum</i>	0,015	-	1
	<i>Mylossoma duriventre</i>	0,048	0,016	5
	<i>Peckoltia bacchi</i>	0,125	-	1
	<i>Pimelodus aff. blochii</i>	0,227	0,048	
	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	1,052	-	1
	<i>Potamorhina latior</i>	0,128	0,100	2
	<i>Prochilodus nigricans</i>	0,114	0,038	7
	<i>Psectrogaster rutiloides</i>	0,061	-	1
	<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	0,804	0,104	3
	<i>Rhythyodus microlepis</i>	0,121	-	1
	<i>Roestes molossus</i>	0,276	-	1
	<i>Schizodon fasciatus</i>	0,183	0,178	9
	<i>Sorubim maniradii</i>	0,441	0,018	2
	<i>Triportheus angulatus</i>	0,161	0,119	2
	<i>Triportheus auritus</i>	0,122	0,051	3
Lago do Puruzinho	<i>Acestrorhynchus falcirostris</i>	1,341	-	1
	<i>Acestrorhynchus microlepis</i>	0,510	-	1
	<i>Anodus orinocensis</i>	0,843	-	1
	<i>Crenicichla adspersa</i>	0,653	-	1
	<i>Curimata vittata</i>	0,190	0,232	3
	<i>Hemiodus microlepis</i>	0,102	0,027	2
	<i>Hemiodus unimaculatus</i>	0,347	-	1
	<i>Hypophthalmus marginatus</i>	0,338	-	1
	<i>Mylossoma duriventre</i>	0,040	0,022	5
	<i>Pimelodus aff. blochii</i>	0,351	0,060	2
	<i>Pinirampus pirinampu</i>	0,846	-	1
	<i>Potamorhina altamazonica</i>	0,120	0,027	13
	<i>Potamorhina latior</i>	0,154	0,094	17
	<i>Prochilodus nigricans</i>	0,224	-	1
	<i>Psectrogaster essequibensis</i>	0,038	0,001	2
	<i>Satanoperca sp.</i>	0,032		
	<i>Sorubim elongatus</i>	0,466	0,275	4
	<i>Triportheus angulatus</i>	0,147	0,099	3
	<i>Triportheus auritus</i>	0,105	-	1
CMR¹ OMS²	Todas as espécies	0,500		
CMR¹ ANVISA³	Espécies não carnívoras	0,500		
	Espécies carnívoras	1,000		

¹ Concentração Máxima Recomendável para consumo Humano

² Organização Mundial de Saúde. ³ Agência Nacional de Vigilância Sanitária

Os valores encontrados nesse estudo mostram que a concentração de mercúrio em algumas espécies se apresentam acima dos limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS de 0,50 mg/kg) e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA de 1,00mg/kg). A maioria das espécies que se encontram acima dos limites são piscívoras: ***Rhaphiodon vulpinus*** (Cachorra-Facão), ***Hydrolycus scomberoides*** (Cachorra), ***Hemidoras stenopeltis*** (Rego Rego), ***Plagioscion squamosissimus*** (Pescada), ***Acestrorhynchus falcirostri*** (peixe cachorro), ***Acestrorhynchus microlepis*** (Cachorrinho), ***Anodus orinocensis*** (Ubarana), ***Crenicichla adspersa*** (Guensa Branca) e ***Pinirampus pirinampu*** (Barba-Chata).

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 Amazônicos (Bom Intento, Cupu e Pereira) no rio Tapajós também observaram níveis de Hg elevados para a espécie *Rhaphiodon vulpinus* (0,488 - 0,598 mg.kg⁻¹), porém não tão altos quanto os observados neste trabalho. Bastos et al (2008), em estudo de analisando amostras coletadas ao longo de 14 anos (1987 – 2000) no rio Madeira, encontraram valores semelhantes aos resultados encontrados no presente trabalho. Apesar dos valores estarem acima dos limites estabelecidos, o número de amostras por espécie é muito baixo (n = 1) para se afirmar que a ingestão dos indivíduos dessas espécies pode levar a alta exposição ao metilmercúrio.

As espécies de habito alimentar piscívoro apresentaram as maiores concentrações médias de mercúrio, estando acima do recomendado para consumo humano pela OMS e ANVISA.

Com relação a localização, o Lago do Puruzinho apresentou a maior incidência de pescado com valores acima do limite, seguido do Igarapé Jatuarana.

VII. SEDIMENTO

As amostras de sedimento de fundo foram coletadas em dezembro de 2011 utilizando a draga de Heckman. Este equipamento permite a coleta da camada mais reativa do sedimento de fundo – 5 cm de profundidade.

Após a coleta as amostras de sedimento de fundo foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas resfriadas até a preparação da amostra no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental WCP/UNIR. No laboratório as amostras sofreram peneiramento granulométrico onde se seleciona as partículas menores que 74 μ m (200 *mesh*). Em seguida as amostras foram liofilizadas para a retirada da umidade.

VII.1. RESULTADOS

VII.1.2. Mercúrio

Na tabela VII.1 estão apresentados os resultados da concentração de mercúrio total no sedimento de fundo coletado durante o enchimento.

Tabela VII.1. Valores de concentração de mercúrio total (mg/kg) no sedimento de fundo do rio Madeira e seus tributários durante o enchimento.

Localidade	Longitude	Latitude	Hg Total (mg/kg)
Jacy-Paraná	347109,686	8981698,192	0,096
Lago Madalena (Jacy-Paraná)	346781,596	8973505,777	0,101
Rio Branco	346294,888	8963076,064	0,105
Rio Contra	342919,204	8971136,310	0,045
Igarapé Jatuarana I	384539,715	9024006,687	0,144
Rio Caripunas	321048,621	8982950,455	0,026
Igarapé Jatuarana II	398124,206	9043686,424	0,031
Igarapé Belmont	406273,967	9044400,601	0,041
Rio Madeira MDCP (montante)	322645,757	8982927,388	0,052
Rio Madeira MD01 (montante)	371247,682	9004371,914	0,031
Rio Madeira MD02 (montante)	392579,799	9025917,021	0,033
Rio Madeira MD03 (jusante)	398060,995	9028624,335	0,013
Rio Madeira MD04 (jusante)	406280,354	9045466,597	0,021

Não foi observado um aumento na concentração de mercúrio total nas amostras coletadas durante o enchimento quando comparadas com os valores encontrados nos estudos realizados no pré-enchimento (Figura VII.1).

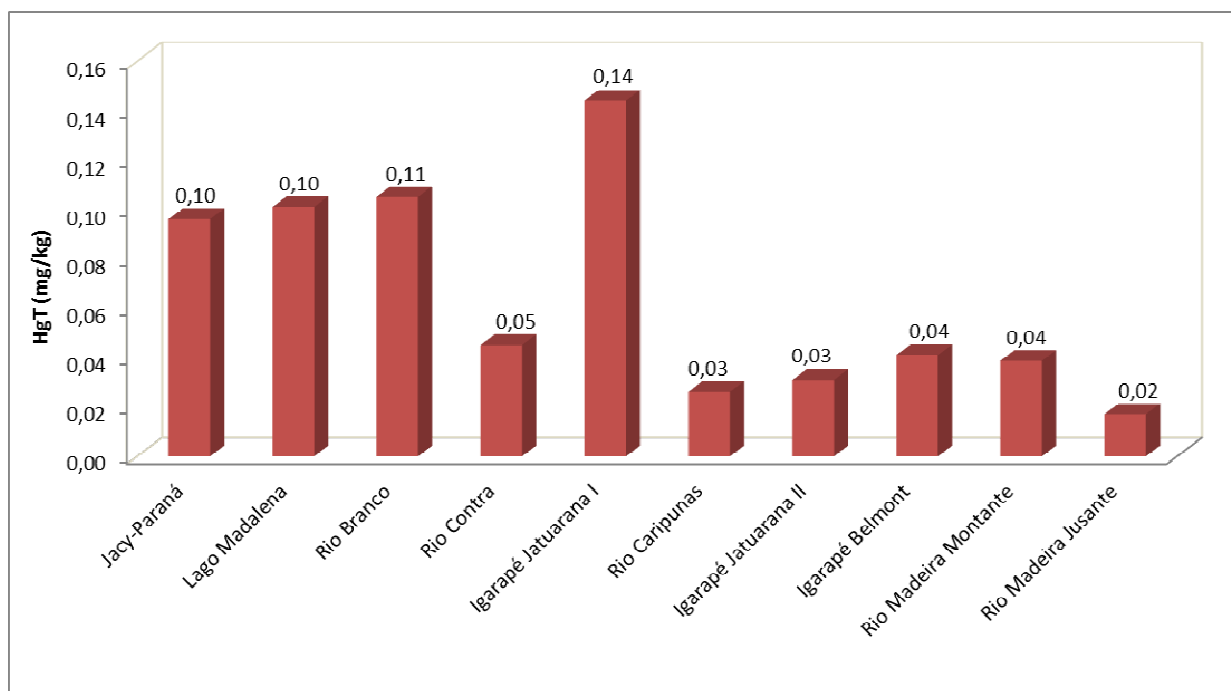


Figura VII.1. Concentração de mercúrio total (mg/kg) no sedimento coletado durante o enchimento do reservatório.

VII.1.2. Demais Elementos-Traço

Na tabela VII.2 estão apresentados os resultados da concentração de elementos-traço no sedimento de fundo coletado durante o enchimento.

Tabela VII.2. Valores de concentração de elementos-traço (mg/kg) no sedimento de fundo do rio Madeira e seus tributários durante o enchimento.

Localidade	Co	Mn	Cr	Cu	Ni	Pb	Fe	Zn
J01	2,46	3,82	2,51	4,58	0,51	27,34	3836,31	13,54
J02	3,00	33,1	3,85	8,1	1,79	32,72	6659,38	21,26
RBR	8,22	551,43	5,59	5,74	1,71	21,17	27163,63	28,74
CT	1,17	31,85	2,01	2,28	0,14	7,63	1647,19	6,61
JAT I	1,09	20,84	5,24	6,43	<LDT	9,32	6562,08	9,02
CP	12,99	440,27	5,98	16,78	9,83	1,68	25663,85	51,89
JAT.II	4,04	32,99	1,41	4,52	2,42	5,71	3736,05	7,74
IB	9,33	238,92	6,66	18,26	8,89	15,14	28667,03	38,84
MDCP	11,99	675,56	7,48	22,91	12,42	17,27	27211,92	43,86
MD 01	10,35	409,76	6,62	17,37	11,71	13,98	24314,92	58,26
MD 02	11,01	451,8	8,48	17,4	10,11	12,68	25447,18	56,9
MD.03	7,06	206,52	3,98	9,96	7,79	6,76	15387,02	34,11
MD.04	8,83	335,96	5,64	13,08	8,67	9,49	21365,36	43,78

Assim como para o mercúrio, os resultados encontrados das concentrações de elementos-traço estão de acordo com a legislação e em concordância com os resultados dos estudos realizados pelo Programa de Monitoramento Hidrobiogeoquímico durante o pré-enchimento.

VIII. Répteis (RP)

Amostras de tecido muscular de jacarés poderão/deverão ser obtidas na reserva de Cuniã em função do manejo liberado recentemente pelo IBAMA e/ou em eventuais casos de capturas nas comunidades ribeirinhas. Não será seguido um desenho amostral específico para essa matriz.

As amostras do tecido muscular serão analisadas objetivando os teores de mercúrio total. Para metilmercúrio apenas serão analisadas as amostras que excederem os valores determinados pela legislação brasileira para consumo humano.

IX. Quelônios (QL)

Amostras de tecido muscular de quelônios poderão/serão obtidas em eventuais capturas realizadas pelo Programa de Resgate de Fauna e/ou também em eventuais casos nas comunidades ribeirinhas. Poderão também se fazer uso de carcaças desses animais para a quantificação dos teores de mercúrio total e posteriormente metilmercúrio.

X. MONITORAMENTO DE FONTES DIFUSAS (MFD)

Em conformidade com o Projeto Básico Ambiental foram acompanhadas as atividades desenvolvidas no ecossistema terrestre na área de influência direta do empreendimento durante a implantação das estruturas físicas da barragem. As atividades desenvolvidas pelo empreendimento foram a remoção de solo e de rochas

Estes procedimentos podem contribuir com a mobilização do mercúrio para o ecossistema aquático. Tais atividades foram monitoradas quanto a sua eficiência em disponibilizar o mercúrio para o ecossistema aquático do rio Madeira, a fim de verificar sua real contribuição no ciclo biogeoquímico do mercúrio na bacia hidrográfica do rio Madeira.

X.1. CANTEIRO DE OBRAS

Os critérios para o Acompanhamento Técnico das Escavações no Leito do rio Madeira atenderam o que estava descrito na Seção 07 do Projeto Básico Ambiental e à condição específica 2.9 da LP nº 251/2007. Desse modo, durante as obras de escavação do leito do rio Madeira, será monitorada a presença de mercúrio no material escavado. Mediante amostragem, serão monitorados todos os materiais removidos, para detectar a presença de mercúrio no solo e nos sedimentos do rio. Enquanto amostras do material removido estejam sendo submetidas à análise, este deverá ser disposto em áreas que permitam sua estocagem segura. Sinalização adequada deve informar que o material não deverá ser removido ou manejado sem prévia autorização da gerência ambiental da obra.

Caso não se identifique mercúrio em concentrações que justifiquem cuidados especiais, o material extraído será disposto em depósito de material excedente, conforme especificado no projeto construtivo.

Caso se detecte presença de mercúrio acima dos teores aceitáveis pela legislação, esse material será devidamente estocado em locais e formas apropriadas para isolamento e será apresentado um plano para seu tratamento, remoção ou disposição final adequado.

Para a coleta das amostras utilizou-se um trado holandês que permitiu a coleta de amostras de 0,1 a 1,0m de profundidade. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno, identificadas com código de campo e levadas ao laboratório de Biogeoquímica Ambiental Wolfgang C. Pfeiffer/UNIR onde receberam um código de laboratório e foram armazenadas em refrigerador a aproximadamente 4°C até o procedimento analítico.

O número de amostras foi variável entre as coletas, pois dependeu da área dos locais de escavação (Figura X.1). À medida que havia novas frentes de escavação, deslocava-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, solo e fragmento de rocha. 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.

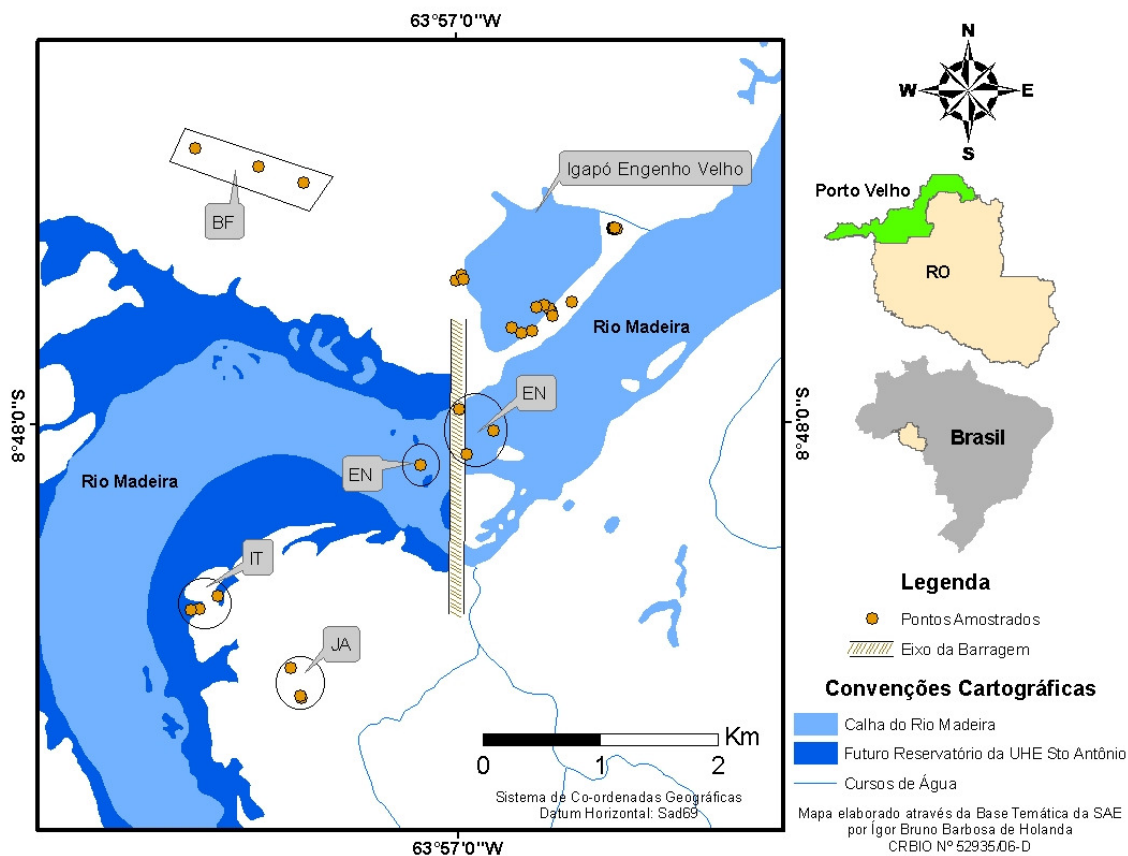


Figura II.2. Mapa de amostragem na área do Canteiro de Obras. Legenda: EP = escadaria de peixes; BF = bota-fora; EN = ensecadeira; AE = área de escavação; IT = interceptador de troncos; JA = jazida de argila.

O procedimento analítico das amostras consistiu na homogeneização a úmido nos próprios sacos de polietileno utilizados em campo, através da aplicação de água ultra-pura (Milli-Q, Millipore). Posteriormente, as amostras foram peneiradas na fração <math><200\text{ mesh}</math> (<math><74\ \mu\text{m}</math>), considerada a mais ativa fisicamente em processos de adsorção por possuir maior área superficial. Em seguida, a fração fina das amostras foi transferida para um gral de porcelana e seca em estufa a temperatura de 50°C.

Para a determinação química de Hg foi feita a solubilização das amostras seguindo o protocolo da técnica proposta por Bastos et al (1998). A análise de Hg foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica acoplado ao gerador de vapor frio (FIMS-400, Perkin Elmer).

Para a determinação da fração fortemente ligada a matriz dos sedimentos foram analisados os metais pesados Zn, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Cd e

Pb, onde seguiu-se o protocolo proposto por Campos et al (2003), utilizando-se de sistema aberto de digestão com uso de HNO₃ e HCl na proporção 1:3 (água régia) que equivale ao método empregado pela USEPA 3050. A quantificação das amostras foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica de chama (AA-400, Perkin Elmer).

X.2. RESULTADOS

X.2.1. Mercúrio Total

Comparando os valores de mercúrio total encontrados no canteiro de obras com os valores encontrados nos sedimentos do rio Madeira no EIA/RIMA em 2004, observa-se que no canteiro apresenta valores mais elevados. A média da concentração de mercúrio obtida nesse estudo é superior a média encontrada no Relatório Final 2011 do mesmo Programa de Monitoramento (Tabela X.1), entretanto não há diferença significativa entre os valores.

Tabela X.1. Coordenadas geográficas em UTM, DATUM SAD 69 e valores médios de mercúrio total (mg/kg) encontrados nas amostras coletadas no Canteiro de Obras em seis meses de monitoramento (n = 28).

Código das Amostras	Coordenadas Geográficas		Hg Total (mg/kg)
	Latitude	Longitude	
SDCO 22290	9028769	396861,076	1,446
SDCO 22291	9028773	396877,791	0,461
SDCO 22292	9028769	396841,456	0,039
SDCO 22293	9028777	396845,053	0,028
SDCO 22294	9028779	396851,189	0,041
SDCO 22295	9028779	396862,404	0,554
SLCO 22326	9028153	396499,8	0,017
SLCO 22335	9025552	393338,2	0,058
SLCO 22336	9025656	393496,5	0,101
SLCO 22337	9025048	394114	0,011
SLCO 22338	9024793	394199,6	0,114
SLCO 22339	9024809	394190,4	0,083
SLCO 22327	9028154	396499,4	0,015
SLCO 22328	9028329	395516,4	0,016
SLCO 22329	9028380	395559,8	0,023
SLCO 22331	9029159	394217	0,021
SLCO 22333	9029452	393298	0,139

Tabela X.1. Coordenadas geográficas em UTM, DATUM SAD 69 e valores médios de mercúrio total (mg/kg) encontrados nas amostras coletadas no Canteiro de Obras em seis meses de monitoramento (n = 28).

Código das Amostras	Coordenadas Geográficas		Hg Total (mg/kg)
	Latitude	Longitude	
SLCO 22334	9025535	393267,7	0,068
SDCO 22252	9026770	395214,1350	0,021
SDCO 22253	9026770	395214,1350	0,024
SDCO 22271	9028062	396319,006	0,018
SDCO 22272	9028070	396319,862	0,023
SDCO 22273	9028070	396319,862	0,024
SDCO 22274	9028099	396305,73	0,029
SDCO 22275	9028124	396261,728	0,019
SDCO 22276	9027906	396160,854	0,016
SDCO 22277	9027884	396068,965	0,009
SDCO 22278	9027932	395984,229	0,02
SDCO 22279	9028101	396193,986	0,02
SDCO 22270	9028034	396332,083	0,022

A hipótese de se encontrar Hg metálico em altas concentrações na área do canteiro de obras não se confirmou, pois os valores médios de Hg total encontrados na área de movimentação de terras, assim como, as áreas de “bota foras” não superaram a legislação CONAMA 344.

XI. PERSPECTIVAS

O presente relatório teve por objetivo apresentar os resultados do monitoramento de 08 meses de estudos (Agosto de 2011 a Abril de 2012) das concentrações de elementos-traço, com ênfase ao mercúrio, nas amostragens bióticas e abióticas realizadas na área de influência direta e indireta da construção do empreendimento hidrelétrico de Santo Antônio (Fase Pré-Enchimento). Os estudos foram focados em matrizes que ainda poderiam sofrer influência do empreendimento durante a Fase de Pré-Enchimento, em função da mudança de cronograma do início do Pós-Enchimento.

Após a fase de enchimento nas áreas de inundação natural como o rio Jaci-Paraná e Igarapé Jatuarana I podem ter seu tempo de residência da água aumentado. Fatores como a mudança na qualidade da água como maior disponibilidade de matéria orgânica nas áreas alagadas e condições anóxicas poderão favorecer a produção de metilmercúrio tanto no sedimento quanto na coluna d'água com posterior bioacumulação pelo zooplâncton.

Até o momento não foi observada uma mudança significativa nas concentrações de mercúrio e demais elementos-traço como resultado do enchimento do reservatório. Entretanto, será dada a continuidade da pesquisa das demais matrizes avaliadas no **Relatório Final da Avaliação Ambiental do Programa de Hidrobiogeoquímica do Mercúrio e Outros Metais Pesados no Rio Madeira - UHE Santo Antônio (2011)** de modo a registrar a relação entre a inundação permanente da área de influência do reservatório e a dinâmica de tais elementos.

XII. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Portaria nº 685, de 27 de Agosto de 1998.** Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/685_98.htm. Acesso em novembro de 2009.

ALMEIDA, M.D.; LACERDA, L.D.; BASTOS, W.R. & HERRMANN, J.C. 2005. **Mercury loss from soils following conversion from forest to pasture in Rondônia, Western Amazon, Brazil.** *Environmental Pollution*, 137: 179-186.

AULA, I.; BRAUNSCHWEILLER, H.; LEINO, T.; MALIN, I.; PORVARI, P.; HATANAKA, T.; LODENIUS, M. & JURAS, A. 1994. **Levels of mercury in the Tucuruí reservoir and its surrounding area in Pará, Brazil.** In: *Mercury pollution, Integration and Synthesis*. Watras, C. & Huckabee, J. (eds). Lewis, Boca Raton. pp 21-40.

BASTOS, W.R. & LACERDA, L.D. 2004. **A contaminação por mercúrio na Bacia do Rio Madeira : uma breve revisão.** *Geochimica Brasiliensis*, 18 :99-114.

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. 2006. **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,

BASTOS, W. R.; REBELO, M. de F.; FONSECA, M. de F. ALMEIDA, R. & MALM, O. 2008. **A description of mercury in fishes from the Madeira River Basin, Amazon, Brazil.** *Acta Amazonica*. vol. 38(3): 431 – 438. Rondônia.

BISHOP, K. & LEE, Y.H. 1997. **Catchment as a source of mercury/methylmercury in boreal surface waters.** In: *Metals ions in biological systems*. Siegel, A. & Siegel, H. (eds). Marcel and Dekker Inc. pp 114-127

BISINOTI, M.C. & JARDIM, W.F. 2004. **O comportamento do metilmercúrio (MetilHg) no ambiente.** *Química Nova*, Vol. 27, No. 4, 593-600.

CAMPOS, M.L.; PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J.G.S.M. & CURI, N. 2003. **Baseline concentration of heavy metals in Brazilian latosols.** *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Nova Iorque, v. 34, n. 3-4, p. 547-557.

CELO, V.; LEAN, D.R.S. & SCOTT, S.L. 2006. **Abiotic methylation of mercury in the aquatic environment.** *Science of the Total Environment* 368, 126–137.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº. 357, 17 de março de 2005.**

www.mma.gov.br/port/conama/res/res04/res34404.xml.
10/03/2010.

Acesso em

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução Conama Nº 420, de 28 de dezembro de 2009.** Disponível: ww.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620. Acesso em 10/08/2010.

ESPINDOLA, C.R. 2008. **Retrospectiva crítica sobre a pedologia: um repasse bibliográfico** – Campinas, SP: Editora da UNICAMP.

FABRÉ, N.N. & ALONSO, J.C. 1998. **Recursos ícticos no Alto Amazonas: sua importância pra as populações ribeirinhas.** Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Sér. Zool., 14(1): 19-55.

FADINI, P.S. & JARDIM, W.F. 2001. **Is the Negro River Basin (Amazon) impacted by naturally occurring mercury?** Science of the Total Environment, 275: 71-82.

GABRIEL, M.C. & WILLIAMSON, D.G. 2004. **Principal biogeochemical factors affecting the speciation and transport of mercury through the terrestrial environment.** Environmental Geochemistry and Health, 26: 421-434.

GRIMALDI, C.; GRIMALDI, M. & GUEDRON, S. 2008. **Mercury distribution in tropical soil profiles related to origin of mercury and soil processes.** Science of the Total Environment, 401:121-129.

GUEDRON, S.; GRIMALDI, C.; CHAUVEL, C.; SPADINI, L. & GRIMALDI, M. 2003. **Determination of mercury atmospheric origin in French Guianese soils.** Journal of Physics IV France, 107:585-588.

GUEDRON, S.; GRIMALDI, C.; CHAUVEL, C.; SPADINI, L., & GRIMALDI, M. 2006. **Weathering versus atmospheric contributions to mercury concentrations in French Guiana soils.** Applied Geochemistry, 21:2010-2022

GUEDRON, S.; GRANGEON, S.; LANSON, B.; & GRIMALDI, M. 2009. Mercury speciation in a tropical soil association; Consequence of gold mining on Hg distribution in French Guiana. Geoderma, 153:331-346

LECHLER PJ, MILLER JR, LACERDA LD, VINSON D, J.C. & BONZONGOLYONS, WB. 2000. **Elevated mercury concentrations in soils, sediments, water and fish of the Madeira River Basin, Brazilian Amazon: a function of natural enrichments?** Science of the Total Environment, 260:87–96.

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

OLIVEIRA, S. M. B.; MELFIA, J.; FOSTIER, A. H.; FORTI, M. C.; FAVARO, D. I. T. & BOULET, R. 2001. **Soils as an important sink for mercury in the amazon.** *Water, Air and Soil Pollution*, Netherlands, v. 126, n. 3-4, p. 321 – 337.

OLIVEIRA, R.C.; DÓREA, J.G.; BERNARDI, J.V.E.; BASTOS, W. R.; ALMEIDA, R. & Manzatto, A.M. 2010. **Fish consumption by traditional subsistence villagers of the Rio Madeira (Amazon): impact on hair-mercury.** *Annals of Human Biology*, v. 36, p. 1-14.

SAMPAIO DA SILVA, D.; LUCOTTE, M.; ROULET, M.; POIRIER, H.; MERGLER, D., CROSSA, M., 2006. **Mercúrio nos peixes do Rio Tapajós, Amazônia brasileira.** *InterfacEHS*, 1:1–31.

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).

ROULET, M. & LUCOTTE, M. 1995. **Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferraltic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America.** *Water, Air and Soil Pollution*, 80:1079-1088.

ROULET, M., LUCOTTE M., SAINT-AUBIN, A., TRAN, S., RHÉAULT, I., FARELLA, N., DE JESUS DA SILVA, F., DEZENCOURT J., SOUSA-PASSOS, C.J., SANTOS SOARES, G., GUIMARÃES, J.R.D., MERGLER, D. & AMORIM, M. 1998. **The geochemistry of mercury in central Amazonian soils developed on the Alter-do-Chão formation of the lower Tapajós river valley, Pará state, Brazil.** *Science of the Total Environment*, 223:1-24.

ROULET, M., LUCOTTE, M., FARELLA, N. SERIQUE, G., COELHO, H., PASSOS, C.J.D., DA SILVA, E.D., DE ANDRADE, P.S., MERGLER, D., GUIMARÃES, J.R.D. & AMORIM, M. 1999. **Effects of recent human colonization on the presence of mercury in Amazonian ecosystems.** *Water, Air, and Soil Pollution*, 112: 297-313

ROULET, M & GRIMALDI, C. &. 2001. **Le mercure dans lês sols d'Amazonie.** *In: Le mercure en Amazonie: role de l'homme et de l'environnement, risques sanitaires.* IRD Éditions, Paris. pp 121-165.