

Contaminação por mercúrio nos rios Moji-Guaçu e Pardo (SP)

Celina Vargas Boldrini *
Helcias Bernardo de Pádua *
Denise Navas Pereira *
Emiko Kawakami de Resende **
Anastácio Afonso Juras ***

RESUMO

Foi desenvolvido, no período de 1978 a 1979, um programa amplo de amostragem sistemática da qualidade da água e da vida aquática dos rios Moji-Guaçu e Pardo (SP), a fim de avaliar o seu comprometimento com relação a metais pesados e pesticidas organoclorados. Dos resultados obtidos, ficou comprovada a presença de metais pesados em níveis que excediam os limites estabelecidos para a preservação da vida aquática de água doce. O mercúrio, por ser bioacumulável, não essencial e não benéfico, foi estudado de maneira especial, revelando uma situação de contaminação mais crítica no rio Moji-Guaçu do que no Pardo. Os fatores de concentração, superiores a 1 mil, obtidos para esse elemento nos peixes, revelam que o mesmo é bioacumulado a partir da água, do sedimento e do alimento contaminado ingerido. Todas as espécies carnívoras apresentaram valores médios de mercúrio total na musculatura superiores a 0,5 µg/g, limite máximo permissível para consumo humano na legislação brasileira. A bioacumulação foi mais acentuada na musculatura, evidenciada pelos fatores de concentração mais elevados encontrados na mesma.

INTRODUÇÃO

A bacia do rio Pardo estende-se pela faixa norte-oriental do Estado de São Paulo, totalizando uma área de 14.860 km², englobando, ainda, no Estado de Minas Gerais, uma área de 2.350 km². Esta bacia está situada numa região fisiograficamente denomina-

da "Grande Região Sul", que se estende pelos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde se concentram algumas das áreas mais prósperas do país.

O rio Moji-Guaçu constitui-se no principal afluente do rio Pardo, ao qual se lança pela sua margem esquerda após ter percorrido 473 km. Possui uma bacia hidrográfica de 17.750 km², dos quais 84% estão situados no Estado de São Paulo. Nasce no Estado de Minas Gerais com o nome de córrego Corisco, próximo à cidade de Borda da Mata, sendo o responsável por 50% da área de drenagem do Rio Pardo.

O rio Moji-Guaçu, considerado como um dos mais piscosos do Estado de São Paulo e cuja bacia é responsável pela drenagem de 32 redes municipais, localizada numa área de grande desenvolvimento econômico e populacional, tem sido objeto de estudos os mais variados, quer seja sob o aspecto da biologia aquática, como também, do controle da sua qualidade.

Desde 1929, Rodolfo von Ihering, em seu livro "Da vida dos peixes — Ensaio e Cenas de Pescarias", já alertava para o problema da poluição no rio Moji-Guaçu. Decorridos 50 anos, temos assistido ao gradativo e cada vez mais acentuado ritmo de deterioração das características físicas e químicas da água desse rio, com imediatos reflexos nas condições biológicas, que culminaram em sensível redução da ictiofauna do que já foi um dos rios mais piscosos do Estado de São Paulo (Castagnolli, 1979).

Dos vários trabalhos realizados pela Cetesb - Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental — Cetesb, 1973, 1976, 1977 (a e b), 1978 (a e b), ficou configurada uma situação de contaminação dos rios Moji-Guaçu e Pardo, sendo que todo um conjunto de fatores, além das águas residuárias de várias atividades industriais, notadamente das indústrias de papel e celulose e curtu-

mes, bem como as cargas poluidoras de origem doméstica, o uso da terra para a agricultura e pecuária, a pesca predatória, estão concorrendo para a gradativa deterioração da qualidade desses rios.

Dos resultados obtidos por estes estudos, ficou comprovada a presença de metais pesados em níveis que excediam os limites estabelecidos para a preservação da vida aquática de água doce, segundo critérios do "Water Quality Criteria" (EPA, 1972), embora não ultrapassassem os limites estabelecidos para rios de classe 2, segundo a legislação estadual vigente. É preciso salientar, no entanto, que, com relação aos metais introduzidos na água, existe o problema da bioacumulação em tecidos vivos, os quais, a partir de concentrações — traço no ambiente, podem apresentar ordens de magnificação de um mil vezes, como é o caso do mercúrio. Os metais pesados são acumulados via cadeia alimentar, de tal forma que os peixes, o último elo dessa cadeia no sistema aquático, podem apresentar concentrações de tal ordem, que podem ser prejudiciais e tóxicos para si próprios e para os organismos que deles se alimentam, como aves aquáticas e, principalmente, o homem que os utiliza como uma das fontes de proteína do seu regime alimentar.

Assim, dentro de um programa amplo de amostragem sistemática da qualidade da água e da vida aquática dos rios Moji-Guaçu e Pardo, este estudo teve por finalidade realizar uma real avaliação do comprometimento da água, sedimento e peixes desses rios com relação ao mercúrio, e verificar os fatores de concentração desse metal nos peixes.

MATERIAL E MÉTODOS DE COLETA

Foram realizadas amostragens de água, sedimento e peixes em nove pontos no rio Moji-Guaçu e sete no rio

(*) — Biólogos da Gerência de Pesquisas de Ecossistemas Aquáticos da Cetesb.
(**) — Biólogo da Divisão de Agricultura do Inpa-Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
(***) — Biólogo do Labohidro da Universidade Federal do Maranhão.

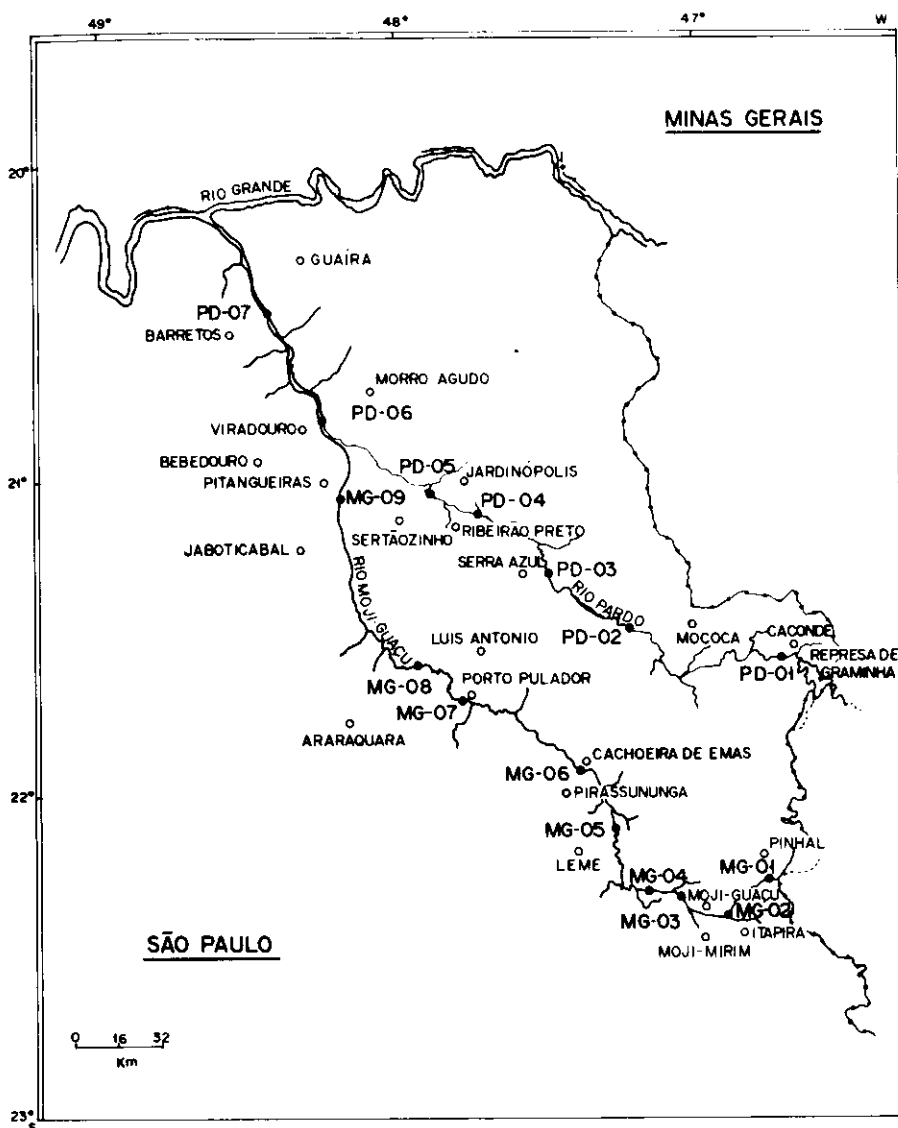


Figura 1 — Mapa da região estudada, com a localização dos pontos de amostragem

Pardo, demarcados com base em informações obtidas nos diagramas unifilares das bacias hidrográficas (Cetesb, 1978 c) (Fig. 1), caracterizados a seguir:

Rio Moji-Guaçu:

MG-01 (km 389,5): rodovia Pinhal-Moji-Guaçu. Entrada para a Fazenda Nova Olinda, em direção a Veridiana. Neste trecho o rio Moji-Guaçu recebe a denominação de rio Manso. Coleta a jusante da ponte sobre o rio. Ponto de referência do rio em São Paulo.

MG-02 (km 372): município de Itapira. Entrada pela Fazenda Santa Cruz. Coletas a jusante da confluência dos rios do Peixe e Manso. Área sob influência dos efluentes urbanos de Itapira e usinas próximas.

MG-03 (km 350): município de Moji-Guaçu. Champion Papel e Celulose S/A. Amostras a jusante da saída do efluente, após a desembocadura do rio Moji-Mirim. Área sob a influência direta da Champion Papel e Celulose S/A.

MG-04 (km 327,5): município de Pádua Sales. Posto do DNAE, cerca de 5 mil m a jusante da ponte. Área sob

a influência da descarga do ribeirão Oriçanga.

MG-05 (km 269): município de Leme. Ponte sobre o Rio Moji-Guaçu. Fazenda 7 Lagoas, Citro - Brasil. Coletas a cerca de mil m a montante da ponte, antes da influência dos rios Jaguari-Mirim, Itupeva e ribeirão do Roque.

MG-06 (km 238): Cachoeira de Emas, município de Pirassununga. Coletas a montante da cachoeira. Área sob influência das descargas de rios como Jaguari-Mirim, Itupeva e ribeirão do Roque, nos quais são despejados efluentes urbanos e resíduos de indústrias alimentícias, curtumes e usinas.

MG-07 (km 173): município de Luís Antonio. Porto Pulador, cerca de mil m a jusante do local da balsa. Área sob influência de atividades agrícolas.

MG-08 (km 120): Rodovia Ribeirão Preto — Araraquara (via Cândido Portinari). Porto do Mandi. Amostras a cerca de 5 mil m a montante da ponte. Área aparentemente sem influência direta de fontes poluidoras próximas (avaliação da capacidade de depuração do rio).

MG-09 (km 17,5): município de Pitangueiras. Ponte sobre a rodovia Be-

bedouro-Sertãozinho (via Armando de Salles Oliveira). Coletas a cerca de mil m a montante da ponte. Área sob influência distante das descargas de ribeirão da Onça e córrego Rico, onde são despejados os efluentes urbanos de Jaboticabal e resíduos de engenhos, usinas e curtumes.

Rio Pardo:

PD-01 (km 405,5): município de Caconde. Abaixo da represa de Graminha. Estrada Beira-Rio, 5 km após atravessar a primeira ponte sobre o rio, descendo ao longo do mesmo. Ponto de referência no Estado de São Paulo (área aparentemente não poluída).

PD-02 (km 307): município de Mococa. Estrada Mococa-Cajuru. Fazenda Santo Antonio da Alegria; após a desembocadura do rio Canoas, o qual carrega o despejo urbano da cidade de Mococa e resíduos de matadouro, frigorífico e curtume.

PD-03 (km 246,5): estrada Cajuru-Ribeirão Preto (Rodovia SP-333). Cerca de 1.300 m a montante da ponte da estrada sobre o rio. Área aparentemente sob a influência de poucas fontes poluidoras.

PD-04 (km 186,5): município de Ribeirão Preto. Estrada Ribeirão Preto-Bataiais (Rodovia SP-334). Aproximadamente a 2 km a montante do Clube de Regatas de Ribeirão Preto e sob influência de fontes poluidoras mais distantes (duas usinas, uma indústria de papel, um engenho e um laticínio).

PD-05 (km 158,5): município de Jardinópolis. Via Anhanguera (BR-050), após a entrada para Jardinópolis, entrada pela Fazenda São Pedro. Recebe os efluentes urbanos de Ribeirão Preto e do seu complexo industrial.

PD-06 (km 104): ponte sobre o rio, na estrada entre Pitangueiras e Morro Agudo. Coletas acima do porto de Areia, após ter recebido a descarga do rio Moji-Guaçu.

PD-07 (km 44): município de Guairá. Ponte sobre a rodovia Barretos-Guairá. Localiza-se antes das descargas dos efluentes de Barretos, área aparentemente sob a influência de poucas fontes poluidoras próximas, a não ser as decorrentes das atividades agrícolas.

As amostragens foram efetuadas bimestralmente, abrangendo um total de sete campanhas, nos períodos de outubro-novembro/1978 (1.a campanha), janeiro/1979 (2.a campanha), março/1979 (3.a campanha), maio/1979 (4.a campanha), julho/1979 (5.a campanha), setembro/1979 (6.a campanha) e novembro/1979 (7.a campanha).

As amostras de água foram recolhidas na superfície da região central e das margens direita e esquerda dos rios, em cada ponto de coleta. Essas amostragens foram efetuadas de acordo com o "Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água" (Souza & Derísio, 1977) e as determinações de mercúrio foram feitas conforme metodologia descrita em Apha (1975).

As amostras de sedimento foram obtidas com o pegador Ekman ou van Veen, dependendo das condições de cada local, no centro (sempre que possível) e nas margens direita e esquerda dos rios. As determinações de mercúrio foram efetuadas conforme metodologia descrita em Apha op. cit. e em FDA (1973).

Para a coleta de peixes foram utilizadas redes de espera simples de malhagens 4 e 6, redes tipo tresmalho de malhagem 6 e tarrafas.

Em campo foi realizada a triagem preliminar dos exemplares de peixes capturados, os quais foram acondicionados em papel alumínio, refrigerados em isopores com gelo e enviados aos laboratórios da Cetesb, em São Paulo.

Em laboratório, procedeu-se à identificação e contagem dos organismos, bem como à retirada de dados de comprimento total (mm) e peso (g).

Dos exemplares de cada lote de peixes pertencentes a uma mesma espécie, por local de amostragem, foram retiradas as vísceras (com exceção do intestino e do conteúdo estomacal) e a musculatura.

As vísceras de todos os exemplares que compõem o lote foram picadas e misturadas e desta amostra composta foi retirada uma subamostra de, no mínimo, 25 g, para a determinação de mercúrio. O mesmo critério foi adotado com relação à musculatura. As subamostras assim obtidas foram acondicionadas em papel alumínio, devidamente etiquetadas e enviadas aos laboratórios de análises físico-químicas para a determinação de mercúrio, conforme metodologia descrita em Apha (1975) e em Anon (1971, 1976).

MÉTODOS DE ANÁLISE DOS DADOS

Os dados referentes às determinações de mercúrio total na água e sedimento foram tabulados por local de coleta e por campanha, considerando-se as três posições (margens direita, esquerda e centro) nos rios Moji-Guaçu e Pardo.

Os resultados das análises foram comparados com os limites permissíveis deste poluente na água, com relação à potabilidade e à manutenção adequada da vida aquática.

No caso dos peixes os dados foram analisados por ponto de amostragem, considerando-se todas as campanhas efetuadas e grupadas em classes de concentração, sendo os valores analisados em relação ao limite máximo permissível para consumo humano.

Foi calculada a concentração média de mercúrio na água e no sedimento, para cada ponto de amostragem, como a média aritmética de todos os valores das determinações efetuadas em cada ponto.

Os teores médios de mercúrio para cada espécie de peixe foram calculados através de uma média ponderada (X) dos valores das determinações

efetuadas sobre cada amostra composta de vísceras e de músculos, ou seja,

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i n_i}{n}$$

onde:

x_i = concentração do metal em cada amostra composta

n_i = número de exemplares componentes de cada amostra composta

n = número total de exemplares amostrados

Foi efetuado o cálculo dos fatores de concentração (FC) do mercúrio em peixes da seguinte maneira:

$$FC = \frac{\bar{X}_p}{\bar{X}_r}$$

onde:

\bar{X}_p = média ponderada dos valores das determinações efetuadas para cada espécie de peixe.

\bar{X}_r = concentração média dos valores das determinações efetuadas na água.

Considerou-se, para a análise dos dados, a metade do valor para aquelas determinações que apresentaram teores de metais inferiores ao limite de detecção do equipamento utilizado.

RESULTADOS

As espécies de peixes utilizadas neste estudo estão relacionadas abaixo, em ordem sistemática, acompanhadas pelos nomes populares fornecidos por pescadores da região:

Classe Osteichthyes

Subclasse Actinopterygii

Ordem Cypriniformes

Subordem Characoidei

Família ERYTHRINIDAE

1. *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794): "traíra"

Família PARADONTIDAE

1. *Apareidon affinis* (Steindachner, 1874): "canivete"

2. *Parodon tortuosus* Eignmann & Norris, 1900

Família PROCHILODONTIDAE

1. *Prochilodus scrofa* Steindachner, 1882: "curimatá"

Família CURIMATIDAE

1. *Curimata elegans* Steindachner, 1875: "saguiru"

2. *Curimata gilberti* Quoy & Gaimard, 1824: "saguiru"

3. *Curimata* sp.: "saguiru", "papa-terra"

Família ANOSTOMIDAE

1. *Leporellus vittatus* (Valenciennes, 1849): "solteira"

2. *Leporinus friderici* (Bloch, 1794): "piava"

3. *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1847): "piava"

4. *Leporinus octofasciatus* (Steindachner, 1917): "ferreirinha"

5. *Leporinus striatus* Kner, 1859: "canivete"

6. *Leporinus lacustris* Campos, 1945

7. *Leporinus* sp.: "piava"

8. *Schizodon nasutus* Kner, 1859: "ximburê", "campineiro", "taguara"

Família CHARACIDAE

Subfamília Salmininae

1. *Salminus hilarii* Valenciennes, 1849: "tabarana"

2. *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1849: "dourado"

Subfamília Tetragonopterinae

1. *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758): "lambari-de-rabo-amarelo"

2. *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1818): "lambari-de-rabo-vermelho"

3. *Astyanax schubarti* Britski, 1964: "lambari"

Subfamília Cynopotaminae

1. *Galeocharax humeralis* (Valenciennes, 1847): "cigarra"

Subfamília Acestorhynchinae

1. *Acestorhynchus lacustris* (Reinhardt, 1874): "peixe-cachorro"

Ordem Siluriformes

Família DORADIDAE

1. *Oxydoras knerii* Bleeker, 1862: "armado"

Família PIMELODIDAE

Subfamília Pimelodinae

1. *Pimelodella* sp.: "mandi"

2. *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803: "mandi"

3. *Rhamdia* sp.: "bagre"

4. *Pseudopimelodus zungaro* (Humboldt, 1833): "bagre-sapo"

Família LORICARIIDAE

Subfamília Plecostominae

1. *Plecostomus* sp.: "cascudo"

Ordem Perciformes

Família CICHLIDAE

1. *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824): "cará"

2. *Cichlosoma* sp.: "cará"

3. *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1896): "tilápia"

Família SCIAENIDAE

1. *Plagioscion squamosissimus* (Haeckel, 1840): "corvina".

O número de exemplares de peixes analisados, por espécie e por campanha, consta da Tabela I. Foram utilizados 4.323 exemplares, sendo 2.282 do rio Moji-Guaçu e 2.041 do rio Pardo, tendo sido consideradas espécies de diferentes hábitos alimentares (herbívoras, iliófagas, omnívoras e carnívoras)

Mercúrio na água

Foram efetuadas 188 e 147 determinações de mercúrio total em amostras de água dos rios Moji-Guaçu e Pardo, respectivamente, estando apresentados os resultados nas Tabelas II e III.

Considerando que a poluição causada por mercúrio e seus compostos é extremamente grave pelas consequências que acarreta à saúde humana, a Portaria n.º 003/Sema de 11-04-75 estabelece que a concentração de mercúrio total na água não deve exceder a 2 µg/l em mananciais de abastecimento público (Sema, 1977).

Tabela I — Número de exemplares de peixes analisados para a determinação de mercúrio total

ESPÉCIES	C-I		C-II		C-III		C-IV		C-V		C-VI		C-VII		TOTAL		
	MG	PD	MG	PD	MG	PD	MG	PD	MG	PD	MG	PD	MG	PD	MG	PD	TOTAL
<i>Schizodon nasutus</i>	3	24	38	66	31	24	30	10	6	21	8	64	6	15	122	224	346
<i>Prochilodus scrofa</i>	25	4	47	5	63	-	65	3	14	3	21	3	19	1	254	19	273
<i>Curimata elegans</i>	27	90	15	39	39	13	26	-	3	-	40	39	45	25	195	206	401
<i>Curimata gilberti</i>	49	36	2	6	6	3	28	-	3	-	-	3	12	45	130	93	223
<i>Curimata sp.</i>	20	30	88	212	104	59	19	-	6	4	60	113	23	8	320	426	746
<i>Pleurostomus spp.</i>	53	13	37	28	21	7	30	5	23	21	10	53	21	16	195	143	338
<i>Farodon tortuosus</i>	-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	6	-	6
<i>Aparasodon affinis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	-	3
<i>Leporinus vittatus</i>	2	12	4	-	3	-	-	-	2	-	2	-	-	-	13	12	25
<i>Leporinus frederici</i>	10	3	7	9	7	8	4	1	6	-	-	1	7	2	41	24	65
<i>Leporinus obtusidens</i>	-	-	14	8	26	-	8	1	2	-	-	7	1	8	51	24	75
<i>Leporinus octofasciatus</i>	-	3	1	16	-	6	-	3	-	1	-	-	-	-	1	29	30
<i>Leporinus striatus</i>	2	-	6	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	10	-	10
<i>Leporinus lacustris</i>	-	-	-	27	-	-	5	-	1	-	-	-	1	15	7	42	49
<i>Astyanax bimaculatus</i>	62	8	79	35	59	11	32	-	2	-	119	73	59	35	412	162	574
<i>Astyanax fasciatus</i>	18	18	31	78	26	1	13	-	6	-	16	39	42	1	152	137	289
<i>Astyanax schubarti</i>	18	-	9	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	27	25	52
<i>Oxydoras kneri</i>	-	20	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	15	20	35
<i>Pimelodella sp.</i>	2	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	9
<i>Pimelodus maculatus</i>	9	3	4	-	5	2	7	1	19	3	7	15	3	5	54	29	83
<i>Pseudopimelodus sungaro</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
<i>Rhamdia sp.</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	1	1	2	3	5
<i>Loricaria sp.</i>	1	-	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	5	-	5
<i>Geophagus brasiliensis</i>	6	-	2	-	-	-	1	1	2	3	1	-	2	1	14	5	19
<i>Cichlasoma sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	2	4
<i>Tilapia rendalli</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	4
<i>Leporinus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	5	1	6
<i>Eggenmannia sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1
<i>Hoplias malabaricus</i>	5	9	23	23	12	9	20	20	7	14	15	29	10	9	92	113	205
<i>Salminus hilarii</i>	3	14	6	8	7	11	13	9	4	2	6	6	3	4	42	54	96
<i>Salminus marmoratus</i>	2	1	5	-	4	-	4	2	-	-	1	-	2	-	18	3	21
<i>Galeocharax humeralis</i>	16	39	7	46	18	25	11	11	-	2	1	18	21	38	74	179	253
<i>Acostrotrichynchus lacustris</i>	3	8	1	17	-	2	3	-	-	-	-	10	-	27	7	64	71
<i>Plagioscion equimaculatus</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2
TOTAL	338	335	473	633	439	181	323	67	109	77	307	473	293	275	2282	2041	4323

C = Campanha de amostragem

Tabela II — Concentração de mercúrio total (µg/l) na água no rio Moji-Guaçu, por ponto, por campanha de coleta e no total

Locais de coleta	MG-01			MG-02			MG-03			MG-04			MG-05			MG-06			MG-07			MG-08			MG-09			
	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	
I (Out/78)	*	*	*	*	*	*	0,35	0,25	*	0,20	*	*	*	*	0,20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
II (Jan/79)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
III (Mar/79)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
IV (Mai/79)	*	0,30	0,30	0,40	0,25	*	*	*	*	0,35	*	*	0,30	0,50	0,25	0,50	0,60	0,20	*	0,45	*	0,25	*	*	*	*	*	*
V (Jul/79)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,25	*	*
VI (Set/79)	*	*	*	*	*	0,30	*	0,55	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
VII (Nov/79)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,20	0,25	0,20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
X̄	0,11			0,12			0,13			0,13			0,14			0,14			0,11			0,11			0,09			

C = centro; MD = margem direita; ME = margem esquerda

* = valores inferiores a 0,17 µg/l

Tabela III — Concentração de mercúrio total (µg/l) na água no rio Pardo, por ponto, por campanha de coleta e no total

Locais de coleta	PD-01			PD-02			PD-03			PD-04			PD-05			PD-06			PD-07			
	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	
I (Out/78)	*	*	*	*	*	*	*	*	0,20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
II (Jan/79)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
III (Mar/79)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
IV (Mai/79)	0,30	*	*	0,45	*	*	*	0,30	*	0,25	0,35	*	0,40	*	0,35	*	*	0,45	*	*	*	
V (Jul/79)	*	*	*	*	*	*	*	0,25	*	*	0,25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
VI (Set/79)	*	*	*	0,50	0,30	*	0,25	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
VII (Nov/79)	0,40	0,50	0,35	0,35	0,25	0,40	0,50	0,35	0,40	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
X̄	0,15			0,17			0,17			0,12			0,12			0,11			0,09			

C = centro; MD = margem direita; ME = margem esquerda

* = valores inferiores a 0,17 µg/l

Tabela IV — Concentração de mercúrio total ($\mu\text{g/l}$) no sedimento no rio Moji-Guaçu, por ponto, por campanha de coleta e no total

Locais de coleta Campanhas	MG-01			MG-02			MG-03			MG-04			MG-05			MG-06			MG-07			MG-08			MG-09		
	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME
I (Out/78)	0,29	0,10	0,09	0,20	<0,03	<0,03	*	0,18	*	0,15	*	0,56	0,14	0,14	0,34	0,06	0,28	0,54	0,15	0,04	0,05	0,05	0,07	<0,01	*	*	0,39
II (Jan/79)	0,03	0,05	0,10	0,04	*	<0,01	0,06	0,10	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,19	0,03	0,05	0,08	0,21	0,03	0,03	0,15	0,04	0,03	0,02	0,05	0,16	0,05
III (Mar/79)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	0,07	0,07	<0,02	<0,02	0,16	0,02	0,12	0,06	0,03	0,33	0,08	0,03	0,25	0,21	<0,01	0,03	0,05	*	0,13	0,14
IV (Mai/79)	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,09	0,06	0,07	0,09	0,02	0,02	0,19	0,05	0,08	0,11	0,06	0,25	0,17	0,06	0,15	0,03	0,10	0,11	0,06	*	0,07	0,16
V (Jul/79)	0,15	0,12	0,18	4,23	0,15	0,20	0,14	0,25	0,13	0,11	0,13	0,33	0,18	0,35	0,24	0,14	0,15	1,74	0,63	0,09	0,14	0,27	0,07	0,14	*	0,21	0,30
VI (Set/79)	<0,01	0,06	0,02	0,06	0,07	0,07	0,03	0,18	0,05	<0,01	0,05	0,16	0,02	0,14	0,10	<0,01	0,22	0,24	0,03	0,11	0,07	0,02	0,13	0,13	0,04	0,10	0,21
VII (Nov/79)	0,02	0,04	0,02	0,02	0,05	0,04	0,02	0,15	0,07	0,03	0,09	0,14	0,03	0,12	0,11	0,03	0,20	0,13	0,02	0,15	0,10	0,03	0,13	0,05	0,02	0,30	0,09
\bar{x}	0,07			0,27			0,09			0,11			0,12			0,24			0,10			0,07			0,15		

C= centro; MD= margem direita; ME= margem esquerda

*= leito pedregoso

Esse limite não foi ultrapassado em nenhuma das determinações efetuadas na água de ambos os rios em estudo.

A "Environmental Protection Agency" dos Estados Unidos, em 1972, por falta de dados suficientes para estabelecer os níveis de mercúrio na água que sejam seguros para os organismos aquáticos sob exposição crônica recomendava que as concentrações de mercúrio total em água não filtradas não excedessem $0,2 \mu\text{g/l}$ em nenhum local e em nenhuma ocasião (Epa, 1972). Considerando-se este limite, 18 amostras do rio Moji-Guaçu e 22 do rio Pardo apresentaram valores superiores a $0,2 \mu\text{g/l}$, evidenciando assim uma certa degradação da qualidade da água para a vida aquática.

No entanto, em virtude da bioacumulação sofrida pelo mercúrio no decurso da cadeia alimentar, a Epa em 1976 (Epa, 1976) recomenda um limite de $0,05 \mu\text{g/l}$ para a proteção da vida aquática de água doce e vida selvagem. Ao se considerar este limite, torna-se difícil avaliar a real situação de comprometimento dos rios Moji-Guaçu e Pardo, pois o limite de sensibilidade do equipamento utilizado para as análises é de $0,17 \mu\text{g/l}$, valor esse três vezes superior ao limite estabelecido.

Os teores médios de mercúrio total na água (Tab. II), por ponto de amostragem, no rio Moji-Guaçu variaram de $0,09 \mu\text{g/l}$ no ponto MG-09 (antes da confluência com o rio Pardo) a $0,14 \mu\text{g/l}$ nos pontos MG-05 (Fazenda Sete Lagoas) e MG-06 (a mortandade da Cachoeira das Emas). A concentração média para todo o rio foi de $0,12 \mu\text{g/l}$.

As concentrações médias de mercúrio total na água no rio Pardo (Tab. III) variaram de $0,09 \mu\text{g/l}$ no ponto PD-07 (município de Barretos) a $0,17 \mu\text{g/l}$ nos pontos PD-02 (município de Moccoca) e PD-03 (entre Cajuru e Ribeirão Preto), sendo que as concentrações mais elevadas ocorreram nos trechos iniciais do rio no Estado de São Paulo, nos pontos PD-01 ($0,15$

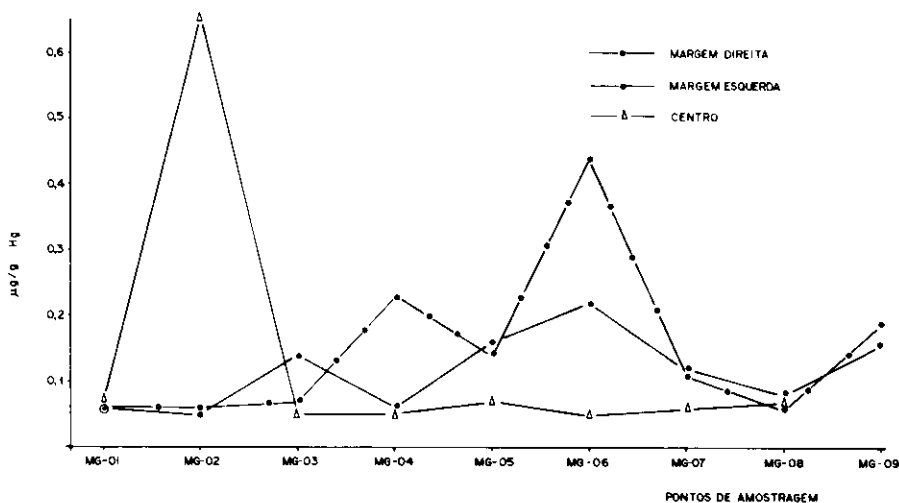


Figura 2 — Teor médio de mercúrio total no sedimento, nos pontos de coleta (centro, margens direita e esquerda) do rio Moji-Guaçu

$\mu\text{g/l}$), PD-02 ($0,17 \mu\text{g/l}$) e PD-03 ($0,17 \mu\text{g/l}$). O teor médio obtido, considerando o rio como um todo foi de $0,13 \mu\text{g/l}$.

Mercúrio no sedimento

Com relação ao sedimento, foram efetuadas 180 determinações de mercúrio total em amostras do rio Moji-Guaçu e 110 do rio Pardo, cujos resultados constam das Tabelas IV e V, respectivamente.

Para o rio Moji-Guaçu foram detectados valores de mercúrio total numa amplitude de variação de $< 0,01 \mu\text{g/g}$ a $4,23 \mu\text{g/g}$ (centro do MG-02 na campanha V). Com relação aos teores médios (Tab. IV, Fig. 2) ocorreu um aumento progressivo de mercúrio até o ponto MG-06, diminuindo nos pontos MG-07 e MG-08, aumentando novamente no MG-09. Os teores médios mais elevados observados no ponto MG-06, devem-se, provavelmente, à deposição do sedimento contaminado carregado nos trechos anteriores, pois este ponto está localizado a montante da Cachoeira das Emas. Dessa forma, os sedimentos localizados a jusante apresentam teores menos elevados, como é observado nos

pontos MG-07 e MG-08. A Tabela IV apresenta as concentrações médias para todo o rio Moji-Guaçu, sendo de $0,14 \mu\text{g/g}$ a concentração média para todo o rio.

Para o rio Pardo foram obtidas concentrações de mercúrio total no sedimento desde valores inferiores a $0,01 \mu\text{g/g}$ até $1,02 \mu\text{g/g}$ (margem esquerda do ponto PD-05 na campanha I). Com relação aos teores médios a tendência observada é de um aumento progressivo na contaminação dos sedimentos (Tab. V, Fig. 3) de montante para jusante, sendo os valores mais elevados observados nos pontos PD-05 e PD-06, tornando-se menor novamente em PD-07. As concentrações médias para todos os pontos do rio Pardo estão apresentadas na Tabela V, sendo de $0,16 \mu\text{g/g}$ a média para todo o rio.

De um modo geral, os sedimentos mais contaminados, tanto para o rio Moji-Guaçu como para o rio Pardo, ocorreram nos meses de outubro e julho, períodos de estiagem na região, que parecem favorecer o acúmulo de mercúrio nos sedimentos, em função da vazão mais baixa dos rios.

Os resultados obtidos sugerem uma introdução constante de mercúrio no sistema hídrico estudado.

Tabela V — Concentração de mercúrio total ($\mu\text{g/g}$) no sedimento no rio Pardo, por campanha de coleta e no total

Locais de coleta	PD-01			PD-02			PD-03			PD-04			PD-05			PD-06			PD-07		
	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME	C	MD	ME
I (Out/78)	*	0,09	0,03	<0,03	0,12	0,10	*	0,22	0,33	*	0,70	0,50	*	0,70	1,02	*	0,71	*	*	0,10	0,10
II (Jan/79)	*	0,06	0,07	<0,01	0,04	0,02	*	0,06	<0,02	*	0,12	0,07	*	0,10	0,15	*	0,09	0,18	*	0,10	0,14
III (Mar/79)	<0,02	0,05	<0,01	<0,02	0,06	0,05	*	0,07	0,04	*	0,11	0,06	*	0,10	0,10	*	0,12	0,07	*	0,10	0,17
IV (Mai/79)	*	0,03	0,08	*	0,12	0,15	*	0,09	0,07	*	0,12	0,14	*	0,15	0,10	*	0,12	0,16	*	0,03	0,16
V (Jul/79)	0,19	0,10	0,05	0,84	0,12	0,22	0,11	0,11	0,18	*	0,03	0,10	*	0,17	0,17	*	0,35	0,14	*	0,46	0,33
VI (Set/79)	0,04	0,03	<0,01	<0,01	0,06	0,24	0,07	0,13	0,03	*	0,03	0,07	*	0,15	0,19	*	0,48	0,45	*	0,03	0,08
VII (Nov/79)	0,08	0,04	0,06	0,03	0,14	0,10	*	0,18	0,09	*	0,15	0,06	*	0,38	0,26	0,05	0,06	0,30	*	0,17	0,19
\bar{x}	0,06			0,12			0,11			0,16			0,27			0,23			0,15		

C = Centro; MD = Margem direita; ME = Margem esquerda

* = leito pedregoso

Mercúrio nos peixes

Foram efetuadas determinações de mercúrio total em 481 amostras compostas de músculos e 459 de vísceras de peixes do rio Moji-Guaçu e 294 de músculos e 290 de vísceras de peixes do rio Pardo.

Considerando-se os resultados referentes a todas as campanhas efetuadas no rio Moji-Guaçu (Tabs. VI e VII, Fig. 4) observa-se a ocorrência de amostras de músculos e vísceras com teores superiores ao limite máximo permitido para consumo humano ($0,5 \mu\text{g/g}$) em todos os pontos amostrados ao longo do rio. Os valores mais elevados foram encontrados na classe de concentração de $4,0$ a $5,0 \mu\text{g/g}$, no ponto MG-03, no que se refere à musculatura e de $5,0$ a $6,0 \mu\text{g/g}$ no ponto MG-05 em relação às vísceras. Neste rio foram determinados, em duas ocasiões, valores excepcionais de mercúrio total, o primeiro, na campanha II, numa amostra de músculos de *Salminus hi-*

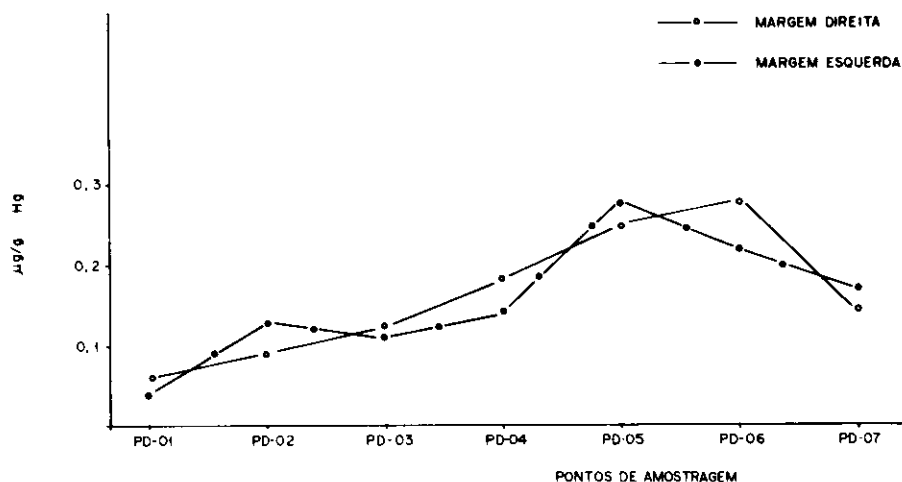


Figura 3 — Teor médio de mercúrio total no sedimento, nos pontos de coleta (margens direita e esquerda) do rio Pardo

larii, de $12,9 \mu\text{g/g}$ no ponto MG-07 e o segundo, na campanha VII, numa amostra de *Leporinus obtusidens*, de $9,00 \mu\text{g/g}$, no ponto MG-03.

No rio Pardo também foram observadas amostras de músculos e vísceras com teores de mercúrio total superiores ao limite de $0,5 \mu\text{g/g}$, em todos os pontos amostrados (Tabs. VIII e IX, Fig. 1).

Embora tenham ocorrido amostras contaminadas por mercúrio em níveis acima do limite estabelecido para consumo humano em ambos os rios, as amostras do rio Moji-Guaçu apresentaram teores mais elevados quando comparadas com as do rio Pardo.

A Tabela X e Figura 5 apresentam a distribuição de frequência relativa de classes de concentrações de mercúrio

Tabela VI — Distribuição de classes de concentração de mercúrio total em musculatura de peixes do rio Moji-Guaçu, por ponto de amostragem

Pontos de amostragem	MG-01		MG-02		MG-03		MG-04		MG-05		MG-06		MG-07		MG-08		MG-09	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0,1 → 0,1	11	25,6	17	36,2	6	10,0	6	10,9	5	10,0	6	10,2	3	5,3	13	20,3	11	23,9
0,1 → 0,2	15	34,9	11	23,4	10	16,7	13	23,6	4	8,0	9	15,3	11	19,3	6	9,4	13	28,3
0,2 → 0,3	3	7,0	9	19,1	9	15,0	14	25,5	9	18,0	8	13,5	8	14,0	6	9,4	12	26,1
0,3 → 0,4	3	7,0	-	-	9	15,0	6	10,9	13	26,0	8	13,5	12	21,1	8	12,5	6	13,0
0,4 → 0,5	3	7,0	1	2,1	6	10,0	5	9,1	5	10,0	7	11,9	5	8,8	7	10,9	1	2,2
0,5 → 1,0	3	7,0	7	14,9	11	18,3	10	18,2	9	18,0	14	23,7	10	17,5	13	20,3	3	6,5
1,0 → 2,0	5	11,6	2	4,3	5	8,3	1	1,8	4	8,0	6	10,2	5	8,8	7	10,3	-	-
2,0 → 3,00	-	-	-	-	2	3,3	-	-	-	-	1	1,7	2	3,5	2	3,1	-	-
3,0 → 4,0	-	-	-	-	1	1,7	-	-	1	2,0	-	-	1	1,8	2	3,1	-	-
4,0 → 5,0	-	-	-	-	1	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	43		47		60		55		50		59		57		64		46	

Tabela VII — Distribuição de classes de concentração de mercúrio total em vísceras de peixes do rio Moji-Guaçu, por ponto de amostragem

Pontos de amostragem Classes de conc. de Hg (µg/g)	MG-01		MG-02		MG-03		MG-04		MG-05		MG-06		MG-07		MG-08		MG-09	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
→ 0,1	25	55,6	22	47,8	23	41,1	20	38,5	11	23,4	15	28,8	20	37,0	15	22,7	23	56,1
0,1 → 0,2	8	17,8	8	17,4	9	16,1	14	26,9	14	29,9	14	26,9	7	13,0	15	22,7	14	34,1
0,2 → 0,3	2	4,4	6	13,0	7	12,5	4	7,7	5	10,6	8	15,4	11	20,4	7	10,6	1	2,4
0,3 → 0,4	2	4,4	3	6,5	4	7,1	1	1,9	5	10,6	4	7,7	2	3,7	8	12,1	1	2,4
0,4 → 0,5	-	-	2	4,3	1	1,8	2	3,8	7	14,9	-	-	4	7,4	2	3,0	1	2,4
0,5 → 1,0	5	11,1	4	8,7	6	10,7	11	21,2	3	6,4	10	19,2	7	13,0	16	24,2	1	2,4
1,0 → 2,0	3	6,7	1	2,2	5	8,9	-	-	1	2,1	1	1,9	3	5,6	2	3,0	-	-
2,0 → 3,0	-	-	-	-	1	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,0 → 4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,5	-	-
4,0 → 5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,0 → 6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	45		46		56		52		47		52		54		66		41	

Tabela VIII — Distribuição de classes de concentração de mercúrio total em musculatura de peixes do rio Pardo, por ponto de amostragem

Pontos de amostragem Classes de conc. de Hg (µg/g)	PD-01		PD-02		PD-03		PD-04		PD-05		PD-06		PD-07	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
→ 0,1	17	42,5	10	28,6	11	30,6	7	24,1	14	28,6	5	10,0	8	14,5
0,1 → 0,2	8	20,0	2	5,7	7	19,4	8	27,6	12	24,5	4	8,0	8	14,5
0,2 → 0,3	4	10,0	5	14,3	3	8,3	6	20,7	7	14,3	10	20,0	10	18,2
0,3 → 0,4	2	5,0	3	8,6	5	13,9	3	10,3	2	4,1	9	18,0	12	21,8
0,4 → 0,5	3	7,5	5	14,3	2	5,6	1	3,4	1	2,0	9	18,0	5	9,1
0,5 → 1,0	5	12,5	7	20,0	6	16,7	3	10,3	11	22,4	11	22,0	9	16,4
1,0 → 2,0	1	2,5	3	8,6	2	5,6	1	3,4	2	4,1	2	4,0	3	5,4
Total	40		35		36		29		49		50		55	

total em musculatura e vísceras de peixes dos rios Moji-Guaçu e Pardo, considerando todas as campanhas efetuadas. Concentrações de até 5,0 µg/g foram detectadas na musculatura dos peixes do rio Moji-Guaçu, ao passo que no rio Pardo foram observadas apenas até 2,0 µg/g. Esse fato foi observado igualmente para as vísceras, onde teores de até 6,0 µg/g foram encontrados para o rio Moji-Guaçu, enquanto que para o rio Pardo apenas até 2,0 µg/g.

Considerando-se as frequências acima de 25% de amostras com valores superiores ao limite máximo permitido (Tab. XI) estas foram ultrapassadas para músculos nos pontos PD-02, PD-05 e PD-06 no rio Pardo e MG-08, MG-06, MG-03, MG-07 e MG-05 no rio Moji-Guaçu. Com relação às vísceras, esse limite foi ultrapassado apenas no ponto MG-08 no rio Moji-Guaçu. As frequências mais elevadas foram constatadas no rio Moji-Guaçu, evidenciando o maior grau de contaminação do mesmo.

Ao se considerar todas as determinações de mercúrio total efetuadas (Tab. XII) observa-se que a frequência mais elevada de concentrações de mercúrio total superiores ao limite máximo permitido para consumo humano ocorreu no rio Moji-Guaçu, igualmente para músculos e vísceras.

A Tabela XIII apresenta o teor médio de mercúrio total na musculatura e vísceras dos peixes, por espécie, por hábito alimentar, por rio, e a Tabela XIV os fatores de concentração desse metal nos peixes.

Para as espécies de peixes iliófagas (que se alimentam do sedimento dos rios) como o curimatá (*Prochilodus scrofa*), os saguirus ou papa-terras (*Curimata gilberti*, *Curimata elegans* e *Curimata* sp.) e os cascudos (*Plecostomus* spp.), os teores médios de mercúrio foram comparativamente mais elevados nos exemplares capturados no rio Moji-Guaçu, quer na musculatura, quer nas vísceras.

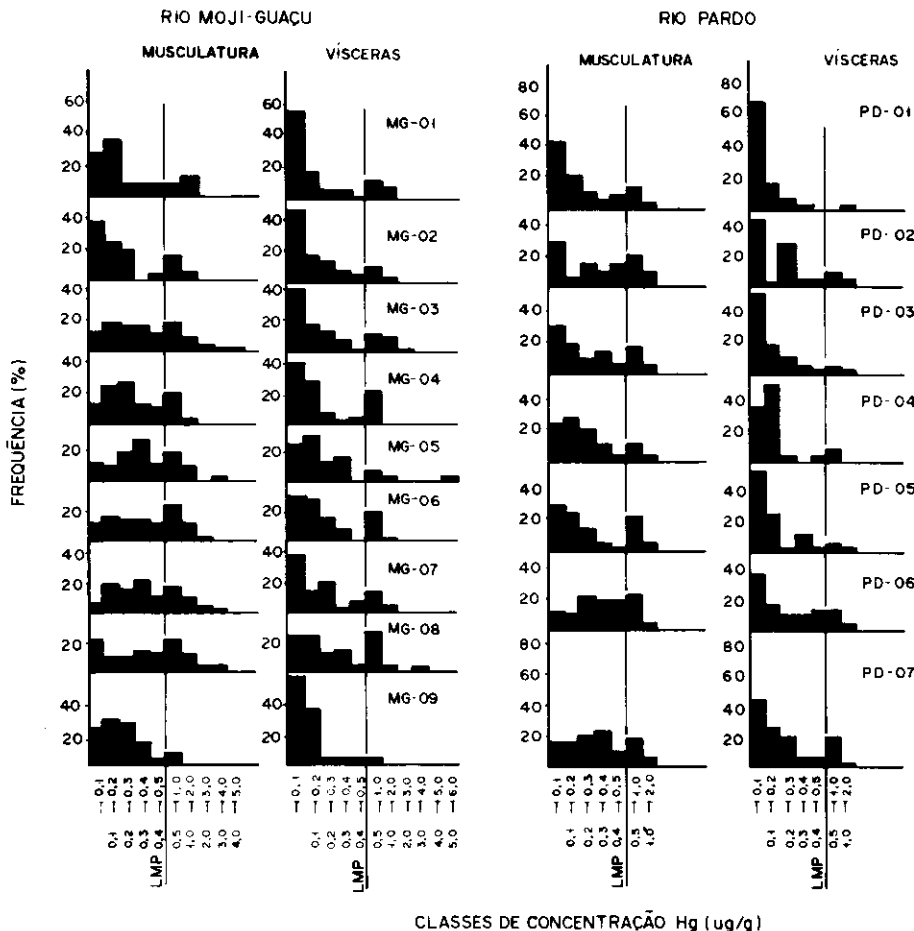


Figura 4 — Histogramas de distribuição de frequência relativa (%) de classes de concentração de mercúrio (Hg), em musculatura e vísceras de peixes, por ponto de amostragem, nos rios Moji-Guaçu e Pardo. LMP-Limite Máximo Permissível

Tabela IX — Distribuição de classes de concentração de mercúrio total em vísceras de peixes do rio Pardo, por ponto de amostragem

Pontos de amostragem	PD-01		PD-02		PD-03		PD-04		PD-05		PD-06		PD-07	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
— 0,1	27	69,2	15	42,9	19	52,8	10	35,7	25	53,2	18	36,0	24	43,6
0,1 — 0,2	7	17,9	1	2,9	7	19,4	14	50,0	12	25,5	8	16,0	14	25,4
0,2 — 0,3	3	7,7	10	28,6	4	11,1	1	3,6	1	2,1	5	10,0	5	9,1
0,3 — 0,4	1	2,6	2	5,7	2	5,6	-	-	5	10,6	5	10,0	3	5,4
0,4 — 0,5	-	-	2	5,7	1	2,8	1	3,6	1	2,1	6	12,0	3	5,4
0,5 — 1,0	-	-	3	8,6	2	5,6	2	7,1	2	4,2	6	12,0	5	9,1
1,0 — 2,0	1	2,6	2	5,7	1	2,8	-	-	1	2,1	2	4,0	1	1,8
Total	39		35		36		28		47		50		55	

Tabela X — Distribuição de frequência relativa de classes de concentrações de mercúrio total em musculatura e vísceras de peixes dos rios Moji-Guaçu e Pardo, considerando todas as campanhas efetuadas

Classes de conc. de Hg (µg/g)	Moji-Guaçu				Pardo			
	Músculos		Vísceras		Músculos		Vísceras	
	N	%	N	%	N	%	N	%
— 0,1	78	16,2	175	38,0	72	24,5	138	47,6
0,1 — 0,2	92	19,1	103	22,4	49	16,7	63	21,7
0,2 — 0,3	78	16,2	51	11,1	45	15,3	29	10,0
0,3 — 0,4	65	13,5	30	6,5	36	12,2	18	6,2
0,4 — 0,5	40	8,3	19	4,1	26	8,8	14	4,8
0,5 — 1,0	80	16,6	63	13,7	52	17,7	20	6,9
1,0 — 2,0	35	7,3	16	3,5	14	4,8	8	2,8
2,0 — 3,0	7	1,5	1	0,2	-	-	-	-
3,0 — 4,0	5	1,0	1	0,2	-	-	-	-
4,0 — 5,0	1	0,2	-	-	-	-	-	-
5,0 — 6,0	-	-	1	0,2	-	-	-	-
Total	481		460		294		290	

RIO MOJI-GUAÇU

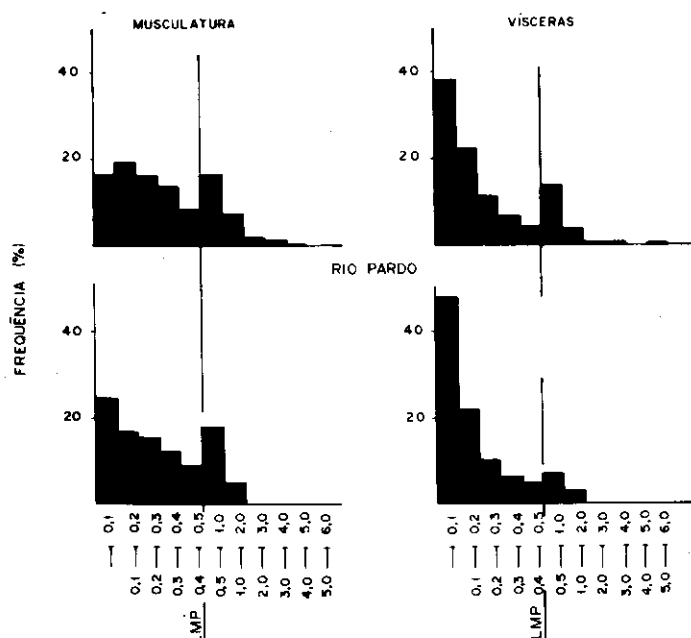


Figura 5 — Distribuição de frequência relativa de classes de concentração de mercúrio total na musculatura e vísceras de peixes dos rios Moji-Guaçu e Pardo

Tanto a espécie herbívora *Schizodon nasutus* (taguara, campineiro) como as espécies iliófagas não apresentaram teores médios de mercúrio acima do limite máximo permissível para consumo humano. Já para as espécies omnívoras (consomem alimentos de origem animal e vegetal) esse limite foi ultrapassado para o rio Moji-Guaçu na musculatura de *Apareiodon affinis* (0,53 µg/g), *Leporellus vittatus* (0,74 µg/g), *Leporinus octofasciatus* (0,60 µg/g), *Leporinus striatus* (0,55 µg/g), *Eigmannia virescens* (0,94 µg/g), *Pseudopimelodus zungaro* (1,63 µg/g) e *Loricaria* sp. (0,64 µg/g), e nas vísceras de *Leporellus vittatus* (0,59 µg/g), *Eigmannia virescens* (0,63 µg/g), *Pseudopimelodus zungaro* (2,23 µg/g). Para o rio Pardo valores acima de 0,5 µg/g foram verificados na musculatura de *Astyanax schubarti* (0,84 µg/g) e nas vísceras de *Oxydoras knerii* (1,15 µg/g). Quase todas as espécies omnívoras apresentaram concentrações de mercúrio mais elevadas na musculatura, sendo que para o rio Moji-Guaçu a percentagem de peixes com teores acima do limite máximo permissível para consumo humano foi mais elevada em relação ao rio Pardo.

Com relação às espécies carnívoras, no rio Moji-Guaçu todas apresentaram teores médios de mercúrio total da musculatura superiores ao limite estabelecido para consumo humano, numa amplitude de variação de 0,51 a 3,13 µg/g, e nas vísceras apresentaram para *Salminus hilarii* (0,68 µg/g), *S. maxilloso* (0,66 µg/g), *Galeocharax humeralis* (0,64 µg/g) e *Plagioscion squamosissimus* (0,62 µg/g). No rio Pardo, *Hoplias malabaricus* (0,60 µg/g), *Salminus hilarii* (0,78 µg/g) e *Galeocharax humeralis* (0,75 µg/g) apresentaram na musculatura teores superiores ao limite de 0,5 µg/g, sendo que, nas vísceras, foi observado apenas em *Salminus maxilloso* (0,51 µg/g).

Comparando-se os teores médios de mercúrio total para as mesmas espécies de peixes capturadas nos dois rios, observa-se que os mesmos foram quase sempre mais elevados no rio Moji-Guaçu, quer na musculatura, quer nas vísceras, indicando um comprometimento maior da qualidade das suas águas.

As concentrações de mercúrio variaram de acordo com o hábito alimentar das espécies. Peixes carnívoros apresentaram os teores mais elevados, os omnívoros intermediários e os iliófagos e herbívoros os teores mais baixos, evidenciando a bioacumulação ocorrida no decorrer da cadeia alimentar.

Analisando-se os fatores de concentração (Tab. XIV) de mercúrio total na musculatura dos peixes, observa-se para o rio Moji-Guaçu valores variando de 273 na tilápia (*Tilapia rendalli*) a 28.454 na pescada *Plagioscion squamosissimus*, e para o rio Pardo de 692 em *Leporinus octofas-*

ciatus a 6.000 na tabarana *Salminus hilarii*. Com relação às vísceras os fatores variaram de 273 na piavinha (*Leporinus striatus*) a um valor excepcional de 20.273 no bagre-sapo *Pseudopimelodus zungaro*, para o rio Moji-Guaçu e de 77 na piava (*Leporinus octofasciatus*) a 8.846 no armado (*Oxydoras knerii*).

De acordo com Lee (1980), as substâncias químicas que possuem bioacumulação significativa apresentam fatores de concentração superiores a 1 mil. O mercúrio nos peixes do rio Moji-Guaçu apresentou fatores de concentração que variaram de 273 a 28.454 na musculatura e de 273 a 20.273 nas vísceras, e nos peixes do rio Pardo de 692 a 6 mil na musculatura e de 77 a 8.846 nas vísceras.

Com exceção da tilápia (*Tilapia rendalli*) para o rio Moji-Guaçu e de *Leporinus octofasciatus* e *Astyanax bimaculatus* para o rio Pardo, todas as demais espécies de peixes analisadas apresentaram na musculatura fatores de concentração de mercúrio total acima de mil vezes o teor encontrado na água. Com relação às vísceras, três das espécies estudadas do rio Moji-Guaçu e dez do rio Pardo apresentaram fatores de concentração abaixo de mil.

Tabela XI — Determinações de mercúrio total efetuadas na musculatura e vísceras de peixes dos rios Moji-Guaçu e Pardo, com valores inferiores e superiores ao limite máximo permissível para consumo humano (LMP)

Locais de Amostragem	Nº de determinações com valores inferiores ao LMP (0,5µg/g)				Nº de determinações com valores superiores ao LMP (0,5µg/g)				Total		
	Músculos		Vísceras		Músculos		Vísceras		M	V	
	N	%	N	%	N	%	N	%			
Moji-Guaçu	MG-01	35	81,4	37	82,2	8	18,6	8	17,8	43	45
	MG-02	38	80,9	41	89,1	9	19,1	5	10,9	47	46
	MG-03	40	66,7	44	78,6	20	33,3	12	21,4	60	56
	MG-04	44	80,0	41	78,8	11	20,0	11	21,2	55	52
	MG-05	36	72,0	42	89,4	14	28,0	5	10,6	50	47
	MG-06	38	64,4	41	78,8	21	35,6	11	21,2	59	52
	MG-07	39	68,4	44	81,5	18	31,6	10	18,5	57	54
	MG-08	40	62,5	47	71,2	24	37,5	19	28,8	64	66
	MG-09	43	93,5	40	97,6	3	6,5	1	2,4	46	41
Pardo	PD-01	34	85,0	38	97,4	6	15,0	1	2,6	40	39
	PD-02	25	71,4	30	85,7	10	28,6	5	14,3	35	35
	PD-03	28	77,8	33	91,7	8	22,2	3	8,3	36	36
	PD-04	25	86,2	26	92,9	4	13,8	2	7,1	29	28
	PD-05	36	73,5	44	93,6	13	26,5	3	6,4	49	47
	PD-06	37	74,0	42	84,0	13	26,0	8	16,0	50	50
	PD-07	43	78,2	49	89,1	12	21,8	6	10,9	55	55

Tabela XII — Determinações de Hg total efetuadas em musculatura e vísceras de peixes dos rios Moji-Guaçu e Pardo, no período de outubro/78 a novembro /79, com valores inferiores e superiores ao limite máximo permissível para consumo humano (LMP)

		Número de determinações efetuadas	Número de determinações c/ valores inferiores ao LMP (0,5µg/g)		Número de determinações c/ valores superiores ao LMP (0,5µg/g)	
			N	%	N	%
Rio Moji-Guaçu	Musculatura	481	353	73,4	128	26,6
	Vísceras	460	374	81,3	86	18,7
Rio Pardo	Musculatura	294	228	77,6	66	22,4
	Vísceras	290	262	90,3	28	9,7

Nos peixes analisados do rio Moji-Guaçu fatores de concentração de mercúrio superiores a 3 mil foram frequentes e ocorreram em peixes iliófagos, omnívoros e carnívoros. Já fatores de concentração superiores a 10 mil ocorreram apenas em peixes omnívoros, como o bagre-sapo (*Pseudopimelodus zungaro*) e carnívoros como a tabarana (*Salminus hilarii*), o dourado (*S. maxillosus*), o peixe cigarra (*Galeocharax humeralis*) e a corvina (*Plagioscion squamosissimus*), com um fator excepcional de 28.454.

Com relação aos peixes do rio Pardo, fatores de concentração acima de 3 mil ocorreram somente em espécies omnívoras e carnívoras, sendo que, de uma maneira geral, os fatores mais elevados foram observados para as espécies carnívoras, tanto na

musculatura como nas vísceras; não foram obtidos para este rio fatores acima de 10 mil.

Dentro desse quadro geral, pode-se observar que as espécies mais contaminadas, independente de seus hábitos alimentares, correspondem a espécies exploradas comercialmente e utilizadas como fonte de proteína pela população ribeirinha.

CONSIDERAÇÕES

Os resultados obtidos quanto ao teor de mercúrio total na água, sedimento e peixes dos rios Moji-Guaçu e Pardo mostram o comprometimento da qualidade das suas águas no que diz respeito à preservação da vida aquática e, conseqüentemente, à utilização dos peixes para consumo humano.

O mercúrio possui uma distribuição ampla no ambiente e é um elemento considerado não essencial e não benéfico do ponto de vista biológico. Historicamente tem sido reconhecido, como possuindo um alto potencial tóxico e utilizado como agente germicida e fungicida, para finalidades médicas e agrícolas. É um composto de ocorrência natural, embora a sua concentração esteja sendo drasticamente elevada por atividades humanas.

A descoberta de certos microorganismos possuem a capacidade de converter formas inorgânicas em formas orgânicas altamente tóxicas de metil ou dimetil mercúrio, tornou qualquer forma de mercúrio potencialmente perigosa no ambiente. Alguns trabalhos sugerem que, aproximadamente, 95%

Tabela XIII — Concentração média de mercúrio total ($\mu\text{g/g}$) na musculatura e vísceras de peixes dos rios Moji-Guaçu e Pardo

Espécies	Hábitos Alimentares	Rio Moji-Guaçu				Rio Pardo			
		Músculos		Vísceras		Músculos		Vísceras	
		N	\bar{x}	N	\bar{x}	N	\bar{x}	N	\bar{x}
<i>Schizodon nasutus</i>	herbívoro	109	0,23	123	0,12	211	0,19	211	0,09
<i>Prochilodus scrofa</i>	iliófago	253	0,35	246	0,34	20	0,28	20	0,31
<i>Curimata elegans</i>	"	195	0,29	194	0,19	204	0,29	204	0,09
<i>Curimata gilberti</i>	"	321	0,21	321	0,12	392	0,21	392	0,10
<i>Curimata sp.</i>	"	129	0,22	126	0,25	91	0,27	91	0,18
<i>Plecostomus spp.</i>	"	195	0,35	190	0,25	141	0,16	141	0,08
<i>Apareiodon affinis</i>	omnívoro	3	0,53	3	0,16	-	-	-	-
<i>Parodon tortuosus</i>	"	6	0,16	4	0,43	-	-	-	-
<i>Leporellus vittatus</i>	"	11	0,74	9	0,59	12	0,45	12	0,11
<i>Leporinus friderici</i>	"	41	0,29	41	0,09	26	0,28	26	0,11
<i>Leporinus obtusidens</i>	"	48	0,39	76	0,16	24	0,14	24	0,15
<i>Leporinus octofasciatus</i>	"	1	0,60	1	0,11	29	0,09	29	0,01
<i>Leporinus striatus</i>	"	10	0,55	10	0,03	-	-	-	-
<i>Leporinus lacustris</i>	"	7	0,36	6	0,11	10	0,27	10	0,13
<i>Leporinus sp.</i>	"	12	0,12	12	0,15	28	0,28	28	0,35
<i>Astyanax bimaculatus</i>	"	400	0,21	399	0,12	144	0,09	153	0,07
<i>Astyanax fasciatus</i>	"	150	0,27	146	0,11	154	0,22	154	0,17
<i>Astyanax schubarti</i>	"	42	0,26	42	0,14	10	0,84	10	*
<i>Eigenmannia virescens</i>	"	1	0,94	1	0,63	-	-	-	-
<i>Oxydoras kneri</i>	"	15	0,41	15	0,48	20	0,25	20	1,15
<i>Pimelodella sp.</i>	"	9	0,12	9	0,18	-	-	-	-
<i>Pimelodus maculatus</i>	"	72	0,34	72	0,38	28	0,36	28	0,23
<i>Rhamdia sp.</i>	"	2	0,24	2	0,09	3	0,49	3	0,38
<i>Pseudopimelodus sungaro</i>	"	2	1,63	2	2,23	-	-	-	-
<i>Loricaria sp.</i>	"	5	0,64	4	0,39	-	-	-	-
<i>Geophagus brasiliensis</i>	"	14	0,21	11	0,14	5	0,13	5	0,02
<i>Cichlasoma sp.</i>	"	-	-	-	-	1	*	1	*
<i>Tilapia rendalli</i>	"	2	0,03	2	*	-	-	-	-
<i>Hoplias malabaricus</i>	carnívoro	93	0,51	93	0,18	111	0,60	111	0,15
<i>Salminus hilarii</i>	"	41	1,96	43	0,68	54	0,78	54	0,40
<i>Salminus maxillosus</i>	"	18	1,26	18	0,66	3	0,40	3	0,51
<i>Galeocharax humeralis</i>	"	71	1,22	71	0,64	159	0,75	159	0,42
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	"	8	0,52	8	0,21	64	0,20	64	0,30
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	"	1	3,13	1	0,62	1	0,34	1	0,10

N = Número de exemplares analisados

\bar{x} = Concentração média

* = Valores inferiores ao limite de detecção do aparelho utilizado

do mercúrio encontrado em peixes estão como metil mercúrio, embora estudos recentes indiquem que em alguns casos o nível pode ser consideravelmente mais baixo (Langley, 1973). Assim, o peixe, como um importante recurso alimentar, constitui a principal via de transferência do metil mercúrio para níveis tróficos mais altos, incluindo o homem. Segundo Jencen e Jernelov (1972) o mercúrio na musculatura de peixes ocorre, principalmente, na forma de metil mercúrio, como resultado da diferença na taxa de acumulação de mercúrio inorgânico e metil mercúrio.

O conteúdo de mercúrio em rios não poluídos dos Estados Unidos, de 31 Estados onde não são conhecidos depósitos naturais de mercúrio, é inferior a 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Epa, 1976). Muito embora tenham sido detectadas apenas 18 amostras no rio Moji-Guaçu e 22 no rio Pardo, num total de 188 e 147 efetuadas, respectivamente, para

esses rios, com valores superiores a 0,2 $\mu\text{g/l}$ como estabelecido pela Epa (1972) e os demais tenham sido inferiores ao limite de sensibilidade do equipamento utilizado (0,17 $\mu\text{g/l}$), estes mostram que foram suficientes para, através da absorção direta e através da cadeia alimentar, contaminar de tal forma os peixes, tornando-os impróprios para o consumo humano.

Considerando-se o limite de 0,5 $\mu\text{g/g}$ para porções comestíveis de peixes e fatores de concentração de dez mil vezes observados para esses organismos, calcula-se que um nível de mercúrio total de 0,05 $\mu\text{g/l}$ na água deve proteger o consumidor humano de peixes dos efeitos adversos produzidos pelo mercúrio (Epa, 1976).

A situação de contaminação é mais crítica no rio Moji-Guaçu onde, dos nove pontos amostrados, cinco apresentaram mais de 1/4 das amostras com valores superiores ao limite máximo

permissível para consumo humano (0,5 $\mu\text{g/g}$). Todas as espécies carnívoras apresentaram valores médios de mercúrio total na musculatura superiores a 0,5 $\mu\text{g/g}$. Em duas ocasiões foram detectados valores de 9,0 e 12,9 $\mu\text{g/g}$ em músculos, valores esses muitas vezes superiores ao permitido para consumo humano.

Não existem quase informações acerca das concentrações de mercúrio nos tecidos dos organismos aquáticos que, provavelmente, causam a morte dos próprios organismos. Peixes e moluscos encontrados mortos em Minamata continham 9 a 24 $\mu\text{g/g}$ Hg em base úmida; provavelmente algumas dessas concentrações foram letais — (Epa, 1972). Nos peixes, a intoxicação manifesta-se, principalmente, por lesões do sistema nervoso; os sintomas de envenenamento agudo são a rigidez, nadadeiras esticadas, movimentos lentos, perda de equilíbrio e, finalmente, a morte.

Devido à metilação e bioconcentração de metil mercúrio, os limites estabelecidos para o mercúrio devem considerar a cadeia alimentar entre os próprios organismos aquáticos e o homem. Independente da forma de mercúrio presente, a maior parte ocorrerá finalmente nos sedimentos do fundo dos rios, mares, lagos etc., onde, através da ação microbiana, será transformado em mono e dimetil mercúrio. Estas formas de mercúrio são bioconcentradas muitas vezes em peixes e outros organismos aquáticos, devido à sua rápida absorção e à relativa incapacidade do peixe de excretar o metil mercúrio dos tecidos, chegando a exceder o limite de 0,5 ppm estabelecido pela Food and Drug Administration (FDA, 1973, 1974), mesmo em concentrações de mercúrio na água que não produzem nenhum efeito tóxico observável nos peixes. Esse limite de 0,5 ppm é recomendado pela legislação brasileira, embora já tenha sido alterado pela FDA (1981) para 1,0 ppm.

A figura 6 apresenta as fontes potenciais de contaminação das águas por mercúrio (diagramas unifilares, Cetesb, 1978 c) existentes na bacia: são as indústrias de fabricação de papel, papelão e celulose, os curtumes e as indústrias de extração e purificação de óleos vegetais. Estas fontes potenciais estão distribuídas ao longo do curso dos rios Moji-Guaçu e Pardo, contribuindo com teores residuais variáveis para a contaminação das águas.

Na bacia do rio Moji-Guaçu encontram-se várias atividades industriais que apresentam mercúrio na forma metálica ou combinada nos seus efluentes (Cetesb, 1980). No quadro a seguir são exemplificadas algumas das fontes de mercúrio na bacia, onde também é dada a carga em gramas, por dia:

Tabela XIV — Fatores de concentração de mercúrio total na musculatura e nas vísceras de peixes dos rios Moji-Guaçu e Pardo

Espécie	Hábito Alimentar	Rio Moji-Guaçu		Rio Pardo	
		Musculatura	Vísceras	Musculatura	Vísceras
<i>Schizodon nazutus</i>	herbívoros	2091	1091	1461	692
<i>Prochilodus scrofa</i>	iliófago	3182	3091	2154	2385
<i>Curimata elegans</i>	"	2636	1727	2231	692
<i>Curimata gilberti</i>	"	1909	1091	1615	769
<i>Curimata</i> sp.	"	2000	2273	2077	1385
<i>Plecotomus</i> spp.	"	3182	2273	1231	615
<i>Apareiodon affinis</i>	omnívoros	4818	1454	-	-
<i>Parodon tortuosus</i>	"	1454	3909	-	-
<i>Leporellus vittatus</i>	"	6727	5364	3461	846
<i>Leporinus friderici</i>	"	2636	818	2154	846
<i>Leporinus obtusidens</i>	"	3545	1454	1077	1154
<i>Leporinus octofasciatus</i>	"	5454	1000	692	77
<i>Leporinus striatus</i>	"	5000	273	-	-
<i>Leporinus lacustris</i>	"	3273	1000	2077	1000
<i>Leporinus</i> sp.	"	1091	1364	2154	2692
<i>Astyanax bimaculatus</i>	"	1909	1091	692	538
<i>Astyanax fasciatus</i>	"	2454	1000	1692	1308
<i>Astyanax schubarti</i>	"	2364	1273	6461	-
<i>Eigenmannia virescens</i>	"	8545	5727	-	-
<i>Oxydoras knerii</i>	"	3727	4364	1923	8846
<i>Pimelodella</i> sp.	"	1091	1636	-	-
<i>Pimelodus maculatus</i>	"	3091	3454	2769	1769
<i>Rhamdia</i> sp.	"	2182	818	3769	2923
<i>Pseudopimelodus zungaro</i>	"	14818	20273	-	-
<i>Loricaria</i> sp.	"	5818	3545	-	-
<i>Geophagus brasiliensis</i>	"	1909	1273	1000	154
<i>Tilapia rendalli</i>	"	273	-	-	-
<i>Hoplias malabaricus</i>	carnívoros	4636	1636	4615	1154
<i>Salminus hilarii</i>	"	17818	6182	6000	3077
<i>Salminus maxillosus</i>	"	11454	6000	3077	3923
<i>Galeocharax humeralis</i>	"	11091	5818	5769	3231
<i>Acestrorhynchus lacustris</i>	"	4727	1909	1538	2308
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	"	28454	5636	2615	769

Indústria	g/dia de mercúrio
1. Champion Papel e Celulose ...	235,0
2. Curtume PODBOI S/A.	5,0
3. Curtume Alvorada	1,5
4. Curtume Santa Genoveva	2,0
5. Curtume Pedro Corsi	1,5
6. Curtidora Aguai	1,0
7. Curtume S. Joanense Ltda. ...	1,0
8. Curtume São Roque	1,0
9. Curtume Jaboticabal	0,6
10. Curtume Bairro Alto	0,3

Lofroth (Apud Epa, 1972) estimou que, em habitats aquáticos contaminados com resíduos excessivos de mercúrio no sedimento, a dissipação é lenta e o mercúrio pode continuar a contaminar os peixes por períodos de dez a 100 anos após ter cessado a contaminação. Em 1976 (Cetesb, 1977 a, b) houve derrame acidental de lixívia negra da indústria Champion Papel e Celulose S/A., no rio Moji-Guaçu, a qual contém mercúrio na sua composição. Aliados à meia vida biológica do mer-

cúrio estimada em cerca de dois anos para os peixes e à taxa lenta de dissipação do mesmo, esses teores mais elevados encontrados na musculatura e nas vísceras dos peixes do rio Moji-Guaçu podem estar ligados a essa descarga acidental, apesar dos resultados na água terem mostrado teores de mercúrio inferiores aos do rio Pardo.

Certos metais, em quantidades-traço, fazem parte dos elementos indispensáveis à vida, mas em taxas elevadas podem ser prejudiciais. Como cer-

tos metais são necessários nos processos vitais, a maioria dos organismos possui a capacidade de concentrá-los, sendo essa capacidade aumentada por processos alimentares e metabólicos que podem levar a fatores de concentração muito elevados. Assim, elementos presentes em baixas concentrações na água podem ser acumulados na magnitude de mais de mil vezes, em certos organismos.

Os fatores de concentração obtidos para o mercúrio nos peixes dos rios Moji-Guaçu e Pardo, superiores a mil, não deixam dúvidas de que o mesmo é bioacumulado nos peixes a partir da água, do sedimento e do alimento contaminado ingerido.

O mercúrio mostrou uma bioacumulação mais acentuada na musculatura, evidenciada pelos fatores de concentração mais elevados encontrados na mesma.

Estudos efetuados por Hannerz (1968) demonstraram que todos os compostos de mercúrio são ingeridos pelo peixe diretamente da água e do alimento. Foi mostrado que a taxa de acumulação é rápida, enquanto a de eliminação é lenta, levando a fatores de concentração da ordem de 3 mil ou mais. De acordo com Mckim (Apud Epa, 1976), têm sido demonstrados fatores de concentração superiores a dez mil. Estudos experimentais efetuados por Olson et al (1975) mostraram para *Pimephales promelas* expostos continuamente a metil-mercúrio na água, fatores de concentração que variaram de $8,2 \times 10^4$ para concentrações de $0,018 \mu\text{g/l}$ a $4,4 \times 10^4$ para concentrações de $0,247 \mu\text{g/l}$.

A partir de evidências epidemiológicas, observou-se que a concentração mais baixa de metil-mercúrio no sangue do homem, associada com sintomas tóxicos é de $0,2 \mu\text{g/g}$; no cabelo corresponde a um valor de $60 \mu\text{g/g}$. Estes valores correspondem a uma exposição prolongada e contínua de $0,3 \text{ mg/dia}/70 \text{ kg}$ de peso. Dessa forma, usando um fator de segurança de dez, o consumo máximo diário, incluindo todas as fontes, ar, água e alimento, não deve exceder $30 \mu\text{g}$ /pessoa. Se a ingestão de mercúrio for somente por consumo de peixe, o limite permissível para consumo diário seria de 60 g (420 g/semana) para peixes com teor de $0,5 \text{ mg/kg}$ de mercúrio total (Epa, 1976).

Os casos mais graves de envenenamento nos homens resultaram na morte dos indivíduos contaminados. Os sintomas mais graves correspondem a desordens cerebrais, com sintomas de ordem nervosa resultantes do comprometimento amplo da córtex cerebral. Em casos avançados com envenenamento moderado, os pacientes tornam-se seriamente ou totalmente incapacitados, com sintomas como tremores, distúrbios de sensação, ataxia aguda e generalizada, disartria, constrição concêntrica do campo visual e dificuldades na audição. Em

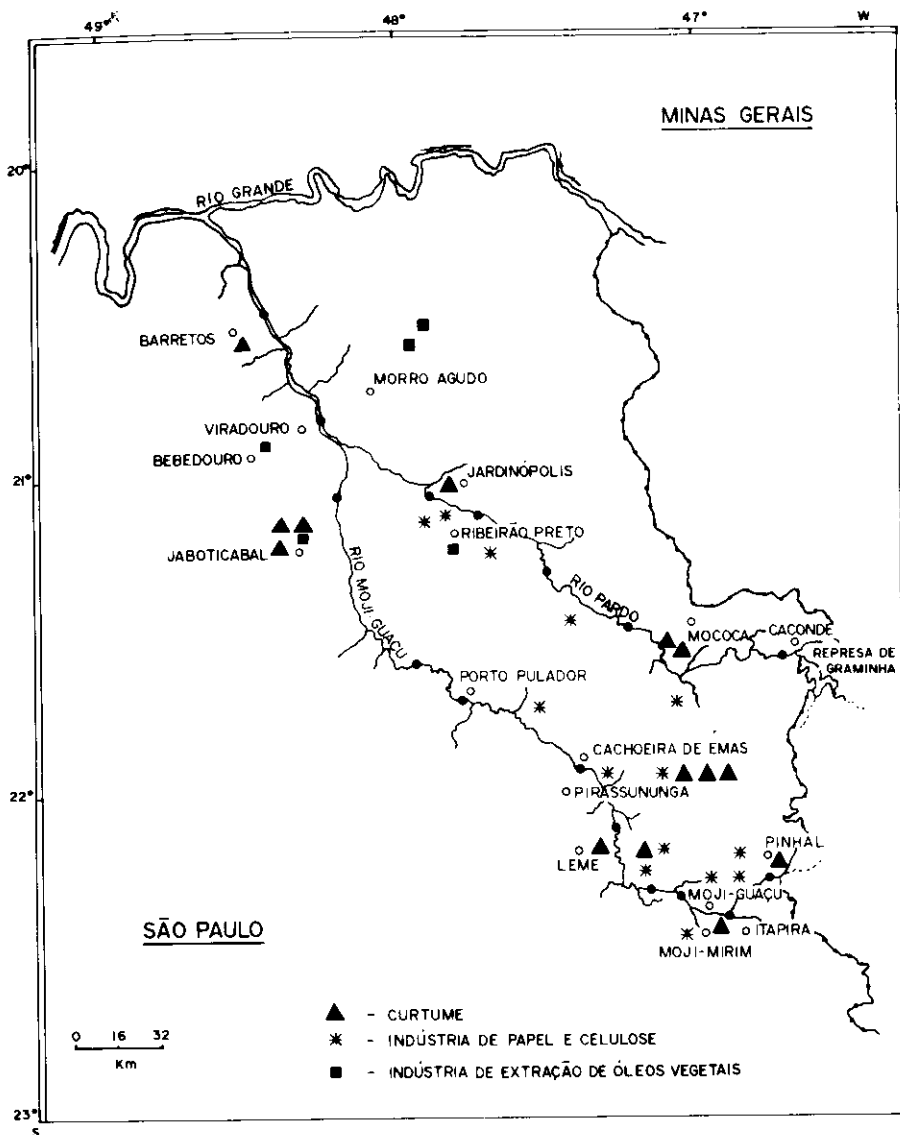


Figura 6 — Mapa da região estudada, com indicação das fontes potenciais de contaminação das águas, por mercúrio

casos mais brandos de envenenamento, os sintomas podem ser de fadiga, deficiências de memória, ligeira desordem mental, incapacidade de concentração, dores de cabeça, movimentos lentos e paralisia e entorpecimento dos lábios e dedos com ligeiros tremores (Takeuchi & Eto, 1975).

De acordo com um Comitê de "experts" da Suécia, o consumo de 0,3 mg/dia de metil mercúrio pode causar um acúmulo de 30 mg no corpo durante um ano. Foi provado que este nível pode causar envenenamento. Aplicando-se um fator de segurança de dez, o limite máximo aceitável de metil mercúrio em peixes pode ser de 0,025 mg/dia/pessoa (50 kg). Dessa forma, as autoridades de saúde pública do Japão aconselharam o público a não consumir semanalmente peixes que contivessem mais de 0,17 mg/kg de mercúrio como metil mercúrio. A venda de peixes contendo mais de 0,3 mg/kg de mercúrio como metil mercúrio e mais de 0,4 mg/kg de mercúrio total, está proibida no Japão desde 1973. Para uma com-

pleta segurança, os níveis máximos de metil mercúrio em peixes devem ser inferiores a 0,1 ppm em locais onde grandes quantidades de peixes contaminados por mercúrio são consumidos diariamente (Takeuchi & Eto, 1975).

Em vista dos resultados obtidos quanto à contaminação dos peixes por mercúrio nos rios Moji-Guaçu e Pardo e das referências existentes na literatura mundial, torna-se premente a realização de um levantamento do grau de comprometimento da população que consome frequentemente esses peixes, através da determinação de mercúrio em cabelo ou sangue, e o controle mais adequado das fontes potenciais de contaminação por mercúrio.

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossos agradecimentos aos químicos Renato Amaral e Ivan Ronaldo Harcel pelas análises realizadas, sem as quais este estudo não teria sido efetuado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANON. 1971. Methods for chemical analysis of water and wastes. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Cincinnati, Ohio.
- 1976. Cadmium, lead, mercury, and methyl — mercury compounds; a review of methods of trace analysis and sampling with special reference to food. Manual of the Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy, 97 pp.
- APHA. 1975. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Organization. 14th ed., N. Y., APHA, AWWA, WPCF, 626 pp.
- CASTAGNOLLI, N. 1979. Ainda há tempo de salvar o rio Moji-Guaçu. "O Estado de S. Paulo". Supl. Agr., (1273): 7.
- CETESB - 1973. Relatório das condições sanitárias do rio Moji-Guaçu, no período de julho a dezembro de 1972.
- 1976. Condições sanitárias do rio Moji-Guaçu, período jan/73 a jun/75. Relatório n.º 2.
- 1977 a. Impacto provocado pelos resíduos líquidos da Champion, Papel e Celulose S. A. Relatório final, dezembro de 1977.
- 1977 b. Estudo da recuperação do trecho do rio Moji-Guaçu após a descarga acidental de lixívia negra. Relatório final, maio de 1977.
- CETESB. 1978 a. Bacia do Moji-Guaçu. Situação sanitária atual. Relatório.
- 1978 b. Metais pesados e pesticidas na água, sedimento e peixes. Rio Moji-Guaçu. Relatório técnico preliminar, agosto de 1978.
- 1978 c. Bacias hidrográficas: diagramas unifilares, 1.
- 1980. Levantamento parcial de indústrias. Relatório de progresso n.º 2.
- EPA. 1972. Water Quality Criteria. Ecological Res. Ser. Environmental Protection Agency, Washington, D. C., 594 pp.
- 1976. Quality Criteria for Water. Environmental Protection Agency, Washington; D. C. Pre-publication copy, 501 pp.
- FDA. 1973. Poisonous or deleterious substances in peanuts, evaporated milk, fish and shellfish. Proposed rules. Federal Register, 38 (3).
- 1974. Action levels for added poisonous or deleterious substances. Federal Register, 39 (236): 42740.
- FDA. 1981. Action levels for poisonous or deleterious substances in human food and animal feed. Washington, D. C. April.
- HANNERZ, L. 1968. Experimental investigations on the accumulation of mercury in water organisms. Rep. Inst. Freshwater Res. Drottningholm, 48: 120 — 176
- JENSEN, S. & JERNELOV, A. 1972. Behaviour of mercury in the environment. In: Mercury contamination in man and his environment. IAEA, Vienna. Tech. rep. ser., 137: 43 — 47.
- LANGLEY, D. G. 1973. Mercury methylation in an aquatic environment. Jour. Wat. Poll. Contr. Fed., 45 (1): 44 — 51.
- LEE, C. M. 1980. Bioaccumulation tests. In: Aquatic toxicity Seminar, 15 — 19/9/80, S. Paulo, Brasil: 26 — 37.
- OLSON, G. F.; MOUNT, D. I.; SNARSKI, U. M. & THORSLUND, T. W. 1975. Mercury residues in fathead minnows, *Pimephales promelas* Rafinesque, chronically exposed to methyl — mercury in water. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 14 (2): 129 — 134.
- SEMA. 1977. Legislação básica. Ministério do Interior, SEMA, Brasília, 27 pp.
- SOUZA, H. B. de & DERISIO, J. C. 1977. Guia técnico de coleta de amostras de água. Cetesb, 297 pp.
- TAKEUCHI, P. & ETO, K. 1975. Minamata disease; chronic occurrence from pathological view points. In: Studies on the health effects of alkyl — mercury in Japan. Environ. Agency, Japan: 29 — 62.