

TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

# DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS SUBMETIDAS À GARIMPAGEM DE OURO EM RIO PRETO - MG

11

*Antonio José L. de Andrade Ramos  
Saulo Rodrigues Pereira Filho*

STA 11

CE  
Ex. 2

MCT      CNPq      CETEM

*PRESIDENTE DA REPÚBLICA:* Fernando Henrique Cardoso  
*MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA:* José Israel Vargas

*PRESIDENTE DO CNPq:* José Galizia Tundisi  
*DIRETOR DE DESENV. CIENT. E TECNOLÓGICO:* Marisa B. Cassim  
*DIRETOR DE PROGRAMAS:* Eduardo Moreira da Costa  
*DIRETOR DE UNIDADES DE PESQUISA:* José Ubyrajara Alves  
*DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO:* Derblay Galvão

#### CETEM - CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

##### CONSELHO TÉCNICO-CIENTÍFICO (CTC)

*Presidente:* Roberto C. Villas Bôas

*Vice-presidente:* Juliano Peres Barbosa

*Membros Internos:* Fernando Freitas Lins; Luiz Gonzaga S. Sobral; Vicente Paulo de Souza e João Alves Sampaio (suplente)

*Membros Externos:* Antonio Dias Leite Junior; Arthur Pinto Chaves; Antônio Eduardo Clark Peres; Celso Pinto Ferraz e Achilles Junqueira

*DIRETOR:* Roberto C. Villas Bôas

*DIRETOR ADJUNTO:* Juliano Peres Barbosa

*DEPTº DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS (DTM):* Fernando Freitas Lins

*DEPTº DE METALURGIA EXTRATIVA (DME):* Ronaldo Luiz C. dos Santos

*DEPTº DE QUÍMICA INSTRUMENTAL (DQI):* Luiz Gonzaga S. Sobral

*DEPTº DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO (DES):* Carlos César Peiter

*DEPTº DE ADMINISTRAÇÃO (DAD):* Antônio Gonçalves Dias

TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

### DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS ÁREAS SUBMETIDAS À GARIMPAGEM DE OURO EM RIO PRETO - MG

11

Antonio José L. de A. Ramos.  
Saulo Rodrigues Pereira Filho

MCT CNPq CETEM

ISSN - 0103-7374

#### Antonio José L. de Andrade Ramos

Geólogo formado pela UFRJ, trabalhou cerca de dez anos com prospecção geoquímica e sedimentologia. Vem atuando nos últimos quatro anos na área de geoquímica ambiental, no CETEM

#### Saulo Rodrigues Pereira Filho

Geólogo pela UERJ, M.Sc. em Geoquímica Ambiental pela UFF, doutorando pela Universidade de Heidelberg-Alemanha. Como pesquisador adjunto do CETEM, vem atuando nos últimos seis anos na área de geoquímica ambiental.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia

 CNPq  
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO  
CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

STA 11  
CE  
EX-2

Trabalho: 006310 1996

ET.006684-7

CETEM  
BIBLIOTECA

CONSELHO EDITORIAL

Editor

Roberto C. Villas Bôas

Conselheiros Internos

Antonio Carlos Augusto da Costa, Marisa B. de  
Mello Monte, Peter Rudolph Seidl

Conselheiros Externos

Armando Corrêa de Araújo (MBR), Artur Cezar Bastos Neto (IPAT),  
James Jackson Griffith (Univ. Federal de Viçosa), Luis Enrique Sánchez  
(EPUSP), Luiz Drude de Lacerda (UFF), Luiz Lourenço Fregadolli (RPM),  
Maria Therezinha Martins (SBM).

A **Série Tecnologia Ambiental** divulga  
trabalhos relacionados ao setor minero-  
metalúrgico nas áreas de tratamento e  
recuperação ambiental, que tenham sido  
publicados, ao menos em parte, no

CETEM

CETEM

F. T. M. M. N. D.

17-B - 6979

COL. DE VOL VOL Nº

DATA 28/05/98 Celso de O. Santos COORDENAÇÃO EDITORIAL

REG. Nº Vera Lúcia Ribeiro DIAGRAMAÇÃO

Jacinto Frangella ILUSTRAÇÃO

BMB

Ramos, Antônio José L. de Andrade

Diagnóstico ambiental preliminar das áreas submetidas  
à garimpagem de ouro em Rio Preto - MG/Antônio José L. de  
Andrade Ramos; Saulo Rodrigues Pereira Filho. - Rio de  
Janeiro: CETEM/CNPq, 1996.

31p.- (Série Tecnologia Ambiental, 11)

1. Garimpagem - Rio Preto, MG. 2. Ouro - Rio Preto,  
MG. 3. Garimpagem - Aspectos Ambientais. I. Pereira Filho,  
Saulo Rodrigues. II. Centro de Tecnologia Mineral. III. Título.  
IV. Série.

ISBN 85-7227-079-5

ISSN 0103-7374

CDD 622.4

## APRESENTAÇÃO

O Programa de Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental tem  
realizado vários projetos estudando o efeito do mercúrio, utilizado  
como amálgama de ouro na garimpagem, sobre o meio ambiente.

Neste contexto, foram realizadas campanhas de amostragem em  
Poconé, Alta Floresta, Itaituba, Peixoto de Azevedo e Rio Preto. Está-  
se realizando, agora, na bacia do Itapicuru, Bahia.

O presente relato aborda o pré-diagnóstico efetuado em Rio  
Preto, Minas Gerais, e oferece ao leitor interessado dados sobre os  
efeitos do mercúrio, mesmo em áreas onde já houve a paralisação da  
atividade garimpeira.

Rio de Janeiro, Abril, 1996.

Roberto C. Villas Bôas  
Diretor

## SUMÁRIO

RESUMO .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	3
2. OBJETIVOS .....	6
3.ÁREA DE ESTUDO .....	7
3.1 Localização .....	7
3.2 Geologia .....	7
3.3 Fisiografia .....	10
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	11
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	14
5.1 Parâmetros Físico-químicos .....	14
5.2 Sedimentos .....	15
5.3 Peixes .....	21
6. CONCLUSÕES .....	27
BIBLIOGRAFIA .....	29

## RESUMO

*A mineração informal (garimpo) de ouro aluvionar, no Brasil, teve uma grande expansão na década de 80, com a elevação da cotação do ouro no mercado internacional. Essa "corrida do ouro" pôde ser registrada não só na Amazônia (onde foi mais intensa), mas também em outras regiões, como no rio Preto, que situa-se entre as três maiores regiões metropolitanas do País. O presente estudo visou a avaliação preliminar do impacto ambiental provocado pela utilização indiscriminada de mercúrio no processamento do minério de ouro. Para melhor quantificar o grau de contaminação, no curso do rio Preto, foi utilizado o índice de geoacumulação (Igeo), sendo também determinados os níveis de "background" para o mercúrio, em sedimento da corrente. Foi, também, avaliada a biodisponibilidade desse metal na drenagem, através de análises de diversos órgãos de peixes (bioindicadores).*

**Palavras-chave:** geoquímica ambiental, poluição, mercúrio, garimpo, ouro.

## ABSTRACT

*The alluvial gold prospecting ("garimpo") has expanded in Brazil during the 80's, caused by the increase of the gold quotation in the international market. This "gold rush" occurred not only in the Amazon region, but even in others sites, as at the "Rio Preto" county, localized in the Southeast Region, near the three biggest cities of Brazil. This work aims to give a preliminar diagnosis of the environmental impacts caused by gold prospecting. This study had the purpose of estimate the levels of the mercury contamination, based on the preliminary appraisal of the distribution of total concentrations of mercury in current sediments and flood plain.*

**Keywords:** environmental geochemistry, pollution, mercury, gold prospecting ("garimpos").

## 1. INTRODUÇÃO

---

O município de Rio Preto-MG situa-se na bacia do rio Paraíba do Sul, às margens do rio Preto. A garimpagem de ouro aluvionar nessa drenagem, que atualmente encontra-se paralisada, teve seu pico nos anos de 1989-1990, com cerca de 100 balsas em operação. O equipamento utilizado pelos garimpeiros era caracterizado por pequenas balsas portando bombas de sucção, para exploração do minério, e calha de concentração gravítica ("cobra fumando").

O projeto Diagnóstico Ambiental das Áreas Submetidas à Garimpagem de Ouro em Rio Preto-MG, realizado pelo CETEM/CNPq no âmbito do Programa DTA (Desenvolvimento de Tecnologia Ambiental), foi criado após solicitação da comunidade local, via Prefeitura e Câmara dos Vereadores do Município de Rio Preto. A Secretaria de Saúde e a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais participaram conjuntamente da campanha de campo preliminar, porém os dados apresentados nesse trabalho restringem-se àqueles levantados pela equipe do CETEM.

A atividade garimpeira de ouro aluvionar no Brasil tem se tornado um importante segmento da mineração ao longo dos últimos 15 anos, não só do ponto de vista da produção aurífera, mas, também, pela capacidade de absorção de mão-de-obra ociosa. Essa atividade consegue viabilizar o aproveitamento de ocorrências minerais, na maioria dos casos desinteressantes para as empresas de mineração, devido às próprias características geológicas desses depósitos, que muitas vezes não justificam maiores investimentos nas fases de pesquisa mineral e de lavra. Por outro lado, técnicas rudimentares de lavra e beneficiamento de minério são comumente empregadas, refletindo, entre outras coisas, o precário controle ambiental exercido pelos garimpeiros.

A poluição por mercúrio nos ambientes aquáticos próximos das áreas de garimpo ocorre de forma mais intensa quando se trata de minério de ouro aluvionar, se comparada com os efeitos provocados pelo garimpo de ouro primário e/ou laterítico. Nos depósitos aluvionares, existe uma associação estreita do minério com as drenagens, o que facilita o acesso desse elemento tóxico ao meio hídrico. Também o assoreamento de drenagens dá-se de forma mais efetiva em áreas sujeitas à garimpagem de depósitos de aluvião. (Rodrigues Filho, 1994).

As principais características da atividade garimpeira ao longo do rio Preto podem ser descritas como:

- exploração associada às drenagens (depósitos de aluvião);
- deposição de rejeitos no leito do rio;
- amalgamação em circuito aberto, e
- não utilização de retortas.

Para se compreender a dinâmica dos metais pesados em meio hídrico, é essencial o monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água que controlam os mecanismos de solubilização e precipitação dos metais. O mercúrio é um metal pesado, do tipo redutível-sulfetado, que por suas peculiaridades geoquímicas, uma vez em solução, pode precipitar-se como sulfeto através da redução de águas oxidantes sulfatadas, usualmente pela ação de bactérias sulfato-redutoras. (Rose *et al.*, 1979).

O mercúrio elementar ( $Hg^0$ ) que é utilizado pelos garimpeiros para amalgamar o ouro pode, por sua vez, ser solubilizado na presença de águas oxidantes, principalmente sob condições alcalinas (Hem, 1970). Também o vapor de mercúrio emitido durante a queima do amálgama pode ser

oxidado na presença da radiação ultravioleta, formando íons  $Hg^{2+}$  e  $Hg_2^{2+}$  (Sidgwick, 1950). Então, segundo o autor, haveria a possibilidade de se formar o cloreto mercúrico ( $HgCl_2$ ), que é um composto altamente solúvel em água. Além disso, o mercúrio iônico, produto da oxidação do  $Hg^0$  na atmosfera, é potencialmente suscetível à metilação. Uma vez metilado, o mercúrio é facilmente incorporado na cadeia alimentar.

## 2. OBJETIVO

---

O presente projeto teve por objetivo diagnosticar o grau de contaminação por mercúrio num trecho de aproximadamente 35 km do rio Preto, através da determinação dos níveis de *background* e de fatores de enriquecimento (índices de geoacumulação) de mercúrio em sedimentos de corrente. Além disso, buscou-se avaliar a biodisponibilidade do metal nessa drenagem, utilizando-se indicadores biológicos (peixes). As análises de mercúrio total em peixes foram efetuadas em diferentes partes dos organismos (músculo, cérebro, fígado e rins), visando um melhor conhecimento da dinâmica de incorporação de mercúrio nesses indivíduos.

O projeto objetivou também avaliar a evolução temporal dos níveis de contaminação por mercúrio no rio, através do estudo de testemunhos de sedimentos de planícies de inundação.

## 3. ÁREA DE ESTUDO

---

### 3.1 Localização

A área de estudo consiste em um trecho de cerca de 35 quilômetros do baixo curso do rio Preto, que é um afluente da margem direita do rio Paraíba e, que, por sua vez, pertence à bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. O rio Preto é justamente a divisa entre os municípios de Rio Preto (no estado de Minas Gerais) e Valença (no estado do Rio de Janeiro). O trecho estudado estende-se de Santa Rita do Jacutinga até o lugarejo de São Sebastião do Barreado, localizando-se entre as latitudes 22° 00' e 22° 15' S, e entre as longitudes 43° 45' e 44° 00' W. (figura 1)

### 3.2 Geologia

Afloram na área rochas tanto do Complexo Juiz de Fora como do Complexo Paraíba do Sul, segundo Hassui *et al.* (1984), e também segundo o Projeto RADAMBRASIL - Folhas SF.23/24 - Rio de Janeiro/Vitória (1983).

O Complexo Juiz de Fora domina a porção oriental da área estudada, apresentando rochas metamórficas de alto grau ( fácies granulito) de origem tanto magmática como metassedimentar. São dominantes os enderbitos, charnoenderbitos, charnockitos e kinzigitos, e de modo subordinado ocorrem quartzitos grosseiros encaixados em falhas. Estruturalmente, as rochas do Complexo Juiz de Fora apresentam-se como gnaisses, migmatitos e cataclasitos.

Deve-se a Ebert, 1956 (*apud* RADAMBRASIL, 1983), a denominação de "Série Juiz de Fora" às rochas da "suíte

charnockítica" aflorantes na região da cidade homônima, e que se estende para sudoeste até os arredores da cidade de Volta Redonda. As rochas desse complexo são de idade arqueana, registrando charnockitos datados de 2.650 milhões de anos (resultados de Rb-Sr). Porém, como esse complexo ainda não foi datado sistematicamente, acredita-se que essas rochas sejam mais antigas, tendo sofrido intenso retrabalhamento no final do Arqueano.

O Complexo Paraíba do Sul é considerado pelo Projeto RADAMBRASIL (1983) também de idade arqueana, sendo, porém, mais recente do que o Complexo Juiz de Fora. O Complexo Paraíba do Sul foi submetido a diversos eventos tectonotermiais ao longo de todo o Pré-Cambriano, constituindo-se como o embasamento do Cinturão Móvel Atlântico. Constitui-se predominantemente de gnaisses bandados, predominantemente tonalíticos, e migmatitos em geral estromáticos, com ampla cataclase e recristalização. Ocorrem secundariamente quartzitos, calcossilicáticas, metabásicas, anfíbolitos e mármores.

Almeida *et al.*, 1975, (*apud* RADAMBRASIL, 1983), observando o feixe de numerosas fraturas e falhas (inclusive de empurrão), de direção NE-SW, denominou-o de Lineamento de Além Paraíba. Esse forte lineamento irá se refletir tanto no relevo como na hidrografia da região.

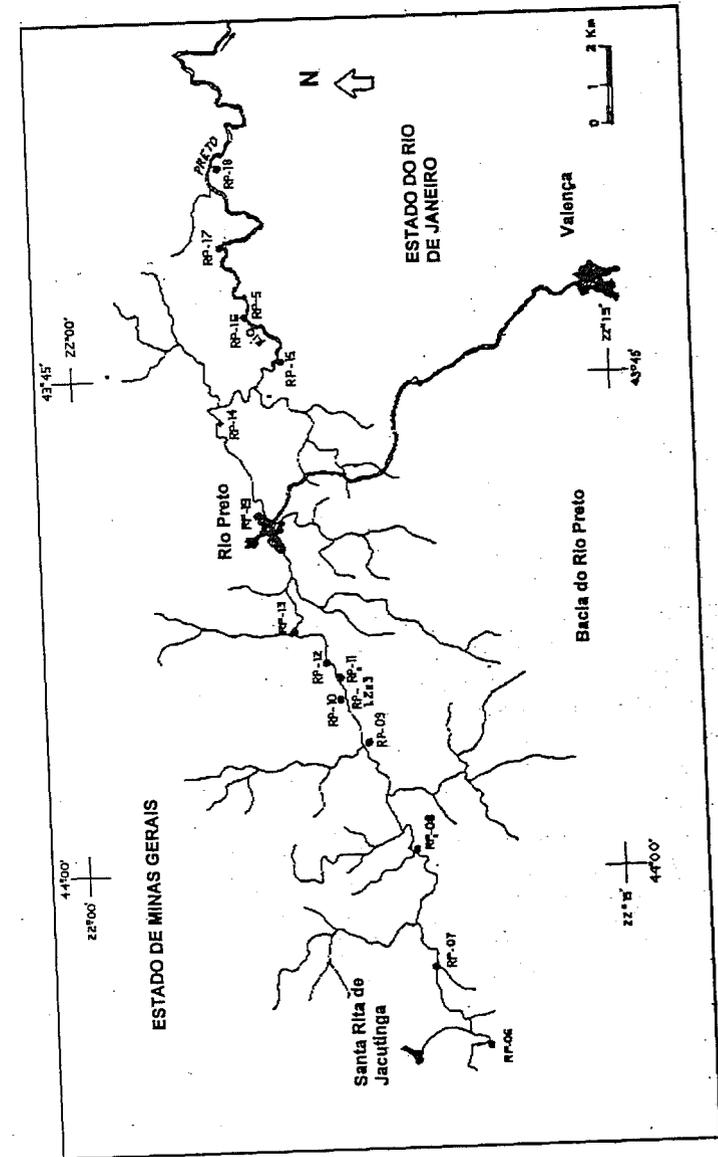


Figura 1- Mapa de localização das estações de amostragem na bacia do rio Preto

### 3.3 Fisiografia

A região do vale do Paraíba do Sul apresenta um clima sub-úmido a úmido, com índices pluviométricos que variam de 1100 mm a 1700 mm. A altitude média do rio Preto é de 500 metros, sendo caracterizada toda a região do vale do Paraíba do Sul como deprimida com relação aos planaltos circundantes, onde as altimetrias ultrapassam os 2500 metros.

Sobre as litologias anteriormente descritas desenvolveram-se solos dos tipos latossolos vermelho-amarelos e podzólicos vermelho-amarelos eutróficos. A cobertura vegetal primitiva de Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa acha-se hoje em dia descaracterizada pela ocupação e atividade humanas, que passou a utilizar a região para pastagens, visando a criação de gado leiteiro.

As drenagens da região em estudo são encaixadas em calhas retilinizadas, refletindo o forte controle estrutural de direção predominante NE-SW.

Segundo o Projeto RADAMBRASIL (*op. cit.*), foram individualizadas duas unidades geomorfológicas denominadas de Depressão do Médio Paraíba do Sul e Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul. A primeira unidade caracteriza-se por colinas convexas, formando a unidade paisagística conhecida por "mar de morros", com colinas convexas dissecadas pela erosão, sendo comuns ravinas e grandes voçorocas. A unidade denominada de Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul é caracterizada pelo forte controle geológico, com orientação NE-SW. O quadro morfológico reflete fortemente as estruturas e as litologias locais, com colinas convexo-côncavas, orientadas e aplanadas num relevo tipo "apalachiano".

### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Como objeto de estudo, foram utilizadas amostras de sedimentos de corrente, de planícies de inundação e peixes. As estações de amostragem de sedimentos seguiram um espaçamento médio de 3 quilômetros, tendo sido coletados um total de 26 amostras em 14 estações distintas (Figura 1). Os sedimentos de corrente foram coletados superficialmente (até 30 centímetros de profundidade) utilizando-se amostragens compostas em ambientes de baixa energia de transporte. Tanto as amostras de sedimentos como as amostras de peixes foram mantidas congeladas, antes e durante o transporte para o laboratório.

As amostras de sedimentos de planícies de inundação foram coletadas em locais onde haviam condições morfológicas, nas margens do rio, favoráveis à formação desse tipo de depósito. Assim, foram selecionadas as estações RP-08, RP-17 e RP-18 para a coleta dos testemunhos, que foram obtidos com o uso de tubos de PVC.

Em laboratório, as amostras de sedimentos foram secas em estufa a 40°C e peneiradas a seco para a separação das duas frações granulométricas, maior e menor do que 74µm (200#), com o uso de peneiras de *nylon*.

As estações de amostragem de peixes foram localizadas a cerca de 3 km a jusante da cidade de Rio Preto, nas proximidades da estação RP-14, tendo sido coletados 47 indivíduos de 11 espécies distintas. Os peixes foram pesados, etiquetados (alguns exemplares somente para identificação) e submetidos à separação de órgãos para as determinações de mercúrio total (músculo, fígado, cérebro e rim). A identificação das espécies de peixes foi feita pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Érika Karamach, do Instituto de Biologia da UFRJ.

A digestão das amostras de sedimentos foi feita com água régia (HCl:HNO<sub>3</sub>, 3:1) a 80°C por 1 hora, conforme adaptação da metodologia utilizada por Müller (1979). Para a digestão das amostras de peixes foi utilizada uma nova metodologia desenvolvida pelo Departamento de Química Analítica e Instrumental do CETEM, onde um grama de peixe fresco é levado ao banho-maria com 10 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado, por uma hora a 80°C, seguindo-se com a adição de 10 mL de HCl 50% e deixando-se em banho-maria por mais uma hora nas mesmas condições.

As análises de mercúrio total em sedimentos e peixes foram executadas por espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio. Esse método foi desenvolvido inicialmente por Poluektov & Vitkun, 1963 (*apud* Welz, 1985) e baseia-se na geração de vapor de mercúrio por meio de um nebulizador inserido em meio aquoso, a partir da redução do mercúrio iônico por uma solução de cloreto estanoso. A referida metodologia foi inicialmente testada e aprovada através de calibração interlaboratorial com o Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, da UFRJ.

As concentrações de *background* de mercúrio em sedimentos foram determinadas a partir da análise de amostras isentas de contribuições antropogênicas, ou seja, amostras coletadas no trecho a montante das áreas atingidas pelo garimpo, representadas pelas estações RP-06 e RP-07. (Figura 1)

Neste estudo foram utilizados os índices de **geoacumulação** (*I<sub>geo</sub>*) de metais em sedimentos, como metodologia de avaliação quantitativa da poluição por metais pesados em meio hídrico (Müller, 1979). O *I<sub>geo</sub>* é definido pela seguinte expressão:

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5 \times B_n}$$

onde, C<sub>n</sub> é a concentração do elemento numa determinada fração granulométrica e B<sub>n</sub> é o valor de *background* do elemento nessa mesma fração.

Adotou-se como objeto de estudo as frações granulométricas maior e menor que 74µm de sedimentos, por ser a fração silto-argilosa mais representativa dos processos de interação sólido-líquido envolvendo metais pesados (Salomons & Förstner, 1984). Além disso, essa fração tem sido usada por diversos autores em estudos de avaliação da contaminação por metais pesados em meio hídrico, representando desse modo, um bom parâmetro de correlação. (Lacerda *et al.*, 1991; Pfeiffer *et al.*, 1991; Ackermann, 1980)

## 5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 Parâmetros Físico-Químicos

Os valores de pH registrados em águas superficiais da região de Rio Preto, em janeiro de 1994, apresentaram condições levemente ácidas, variando de 5,3 a 6,15, com valor médio de 5,7. Em tais condições de acidez das águas, para se atingir o campo de alta solubilidade do mercúrio, seriam necessários valores de Eh em torno de 400 mV, segundo o diagrama de estabilidade Eh x pH elaborado por Hem (1970). Contudo, observou-se que o potencial de oxirredução (Eh) das águas variou de 140 a 300 mV, com valor médio de 220 mV. (Tabela 1)

Tabela 1- Parâmetros físico-químicos no rio Preto (janeiro de 1994)

Estação	Eh (mV)	pH	Condutiv. (mS/cm)	Turbidez (NTU)	O. D. <sup>(1)</sup> (mg/L)	Temp. (°C)	Salinid (%)
RP-06	140	5,55	0,012	10	8,30	26,0	0,0
RP-07	170	5,80	0,014	10	9,15	25,3	0,0
RP-08	270	6,15	0,013	125	9,88	24,0	0,0
RP-09	195	5,80	0,013	460	8,85	24,3	0,0
RP-10	200	5,85	0,013	450	8,20	24,6	0,0
RP-15	270	5,30	0,013	90	7,65	24,7	0,0
RP-15 <sup>(2)</sup>	300				8,20		

(1) oxigênio dissolvido

(2) na correnteza

O diagrama de estabilidade Eh x pH do mercúrio revela a estabilidade do mercúrio metálico, Hg<sup>0</sup> aquoso, para as condições encontradas no rio Preto, o que confere uma baixa solubi-

lidade (<25 ppb) ao metal que foi despejado diretamente no rio; como efluente líquido do processo de amalgamação do concentrado de ouro. Entretanto, como as determinações foram feitas em um só período do ano, na estação cheia, deve ser considerada a possibilidade de que durante a estação seca as condições físico-químicas das águas alterem-se significativamente. De fato, foi demonstrado por Rodrigues Filho (1994) que os valores de Eh, obtidos em drenagens da região de Poconé-MT, revelaram um potencial mais oxidante durante a estação seca.

Os dados obtidos com relação à condutividade elétrica mostraram-se extremamente baixos e constantes (13 µS/cm em média), refletindo a pequena disponibilidade de íons tais como Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Essa baixa condutividade, que na verdade é uma medida indireta de salinidade, foi confirmada pelas medidas diretas de salinidade, que ficaram abaixo do limite de detecção do aparelho utilizado (ou seja, menor que 0,01%).

Os valores de turbidez nas estações de amostragem RP-08, RP-09 e RP-10 (125, 460 e 450 NTU, respectivamente) apresentaram-se muito acima dos valores registrados nas estações de amostragem RP-06 e RP-07 (10 NTU), devido às fortes chuvas que caíram na noite entre um dia e outro. O fato dos valores medidos, no dia após as chuvas, serem até 45 vezes maiores do que os registrados na véspera, demonstra a estreita dependência desse parâmetro com a pluviosidade. Essa relação é confirmada com a queda significativa da turbidez na estação de amostragem RP-15 (90 NTU), medida dois dias após as chuvas.

### 5.2 Sedimentos

As determinações de mercúrio em sedimentos de corrente não afetados pela atividade de garimpo, amostras RP-06/B e RP-07, revelaram uma concentração média de mercúrio, na fração <74 µm, de 0,12 µg/g. Essa concentração foi utilizada

neste estudo como a concentração de *background* na área. A amostra RP-06/A foi descartada para o cálculo do valor médio por apresentar uma concentração mais elevada (0,35 µg/g), que provavelmente está influenciada pelas emissões atmosféricas de uma unidade da Companhia Paulista de Ferroligas, em Santa Rita do Jacutinga. Por isso, destaca-se a necessidade da execução de uma pesquisa mais detalhada, objetivando uma melhor caracterização do *background* de mercúrio na área de estudo.

As maiores concentrações de mercúrio em sedimentos de corrente foram encontradas nas estações RP-12 e RP-18, apresentando respectivamente 0,65 e 0,67 µg/g na fração silto-argilosa (<74 µm), o que representa um *Igeo* na classe 3 (grau médio de poluição). Nos demais pontos estudados do rio, as concentrações de mercúrio encontradas estiveram mais baixas, com média de 0,40 µg/g na fração <74 µm, representando um *Igeo* na classe 2. (Tabela 2)

Na amostra RP-14/arr observou-se um acúmulo de rejeitos ("aroto de draga") provenientes do processo de concentração gravítica do minério. Nesse material a concentração de mercúrio foi de 2,11 µg/g, indicando a presença também de rejeitos do processo de amalgamação. Mesmo sendo essa uma concentração elevada, verifica-se que a magnitude dos impactos causados pela garimpagem no rio Preto não é comparável com aquela observada em algumas áreas de garimpo de aluvião da Amazônia. Pois, em Alta Floresta-MT, as concentrações de mercúrio nos rejeitos depositados no rio Teles Pires variavam de 6,3 a 12,4 µg/g (CETEM/CNPq, 1992). É importante frisar que seguramente a atividade garimpeira em Rio Preto cessou totalmente a partir de 1993.

Tabela 2 - Distribuição das concentrações de mercúrio total por frações granulométricas  
SEDIMENTO DE CORRENTE

Amostras	Concentração média de Hg (ppb)	
	Fração <200#	Fração >200#
RP - 06 / A	349,7	57,3
RP - 06 / B	62,4	10,5
RP - 07	185,3	50,5
RP - 08	230,3	51,4
RP - 09	329,8	147,0
RP - 10	116,2	45,7
RP - 11	120,2	85,5
RP - 12	649,7	199,7
RP - 13	346,8	56,4
RP - 14	177,0	155,0
RP - 14/arr	2.114,0	225,5
RP - 16	488,3	168,5
RP - 18	666,3	135,5
RP - 19	234,0	74,9

No entanto, algumas semelhanças podem ser observadas entre as duas áreas citadas, especialmente quanto à distribuição das concentrações de mercúrio por frações granulométricas. Em Alta Floresta, as concentrações do metal tendem a associar-se preferencialmente à fração silto-argilosa, principalmente nos trechos do rio Teles Pires mais afastados das fontes de emissão (CETEM/CNPq, 1992). O mesmo comportamento foi observado no rio Preto, onde as concentrações na fração silto-argilosa são significativamente mais elevadas que aquelas relacionadas à fração grosseira. Essa evidência explica o fato do mercúrio metálico emitido pelos garimpeiros encontrar-se disseminado ao longo da calha do rio, além de indicar que o metal está sendo adsorvido aos sedimentos finos. (Gráfico 1)

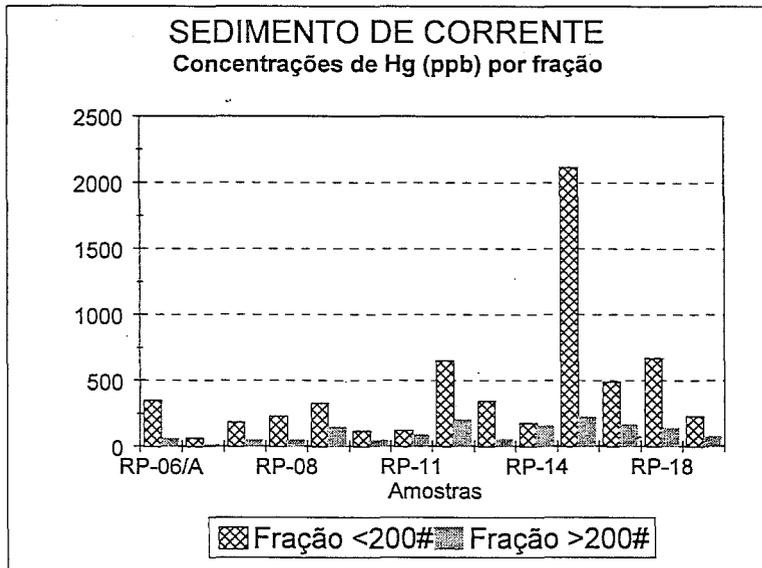


Gráfico 1 - Distribuição longitudinal das concentrações de Hg em sedimentos de corrente por frações granulométricas

Os testemunhos de sedimentos coletados em planícies de inundação revelaram um nítido enriquecimento quanto às concentrações de mercúrio, da base para o topo, reforçando a indicação de que há transporte de mercúrio adsorvido ao material particulado em suspensão. Além disso, o mercúrio adsorvido ao particulado estaria disponível aos processos de metilação, pois poderia corresponder à forma iônica do metal. Ainda que essas hipóteses tenham sido reforçadas pela ocorrência de algumas concentrações anômalas de mercúrio em peixes, destaca-se a necessidade de um estudo mais abrangente para a confirmação das mesmas, com um maior universo amostral e que abranja a especiação química de mercúrio em sedimentos.

O testemunho RP-08, coletado numa planície de inundação próxima à Fazenda Santa Clara, foi analisado segundo intervalos de 4 centímetros de profundidade. No segmento superior (0 - 4 cm) a concentração de mercúrio representa um *Igeo* na classe 3 (1,07 µg/g); no segmento subjacente (4 - 8 cm) observou-se um *Igeo* na classe 2 (0,47 µg/g), e nos segmentos inferiores as concentrações revelaram um *Igeo* médio na classe 1. (Gráfico 2 e Tabela 3)

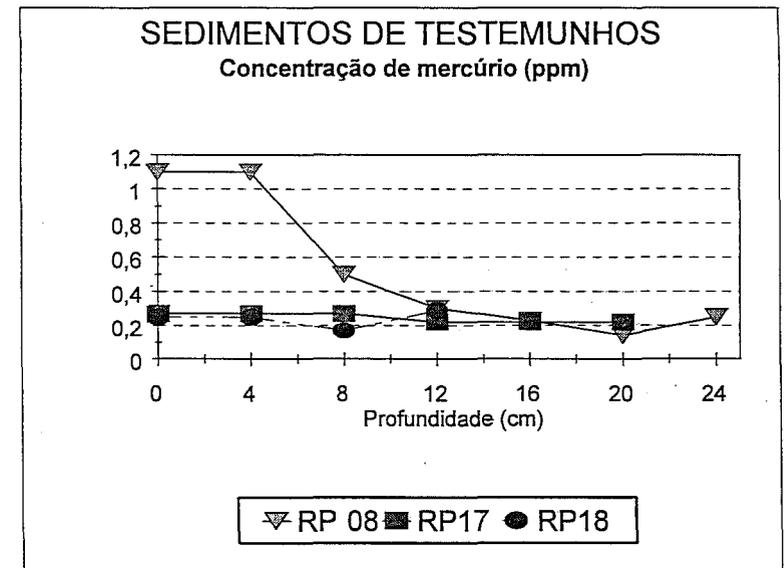


Gráfico 2 - Concentração de mercúrio em sedimentos de testemunho -poços RP-08, RP-17 e RP-18(fração <74 µm)

Tabela 3 - Distribuição das concentrações de Hg em planícies de inundação

AMOSTRAS DE TESTEMUNHOS		
Sedimentos de planícies de inundação		
Amostras	Concentração média de Hg (ppb)	
	Fração <200#	Fração >200#
RP - 08 - T1	1.078,0	88,1
RP - 08 - T2	472,8	47,3
RP - 08 - T3	295,0	43,5
RP - 08 - T4	314,5	40,9
RP - 08 - T5	172,3	33,3
RP - 08 - T6	229,8	41,0
RP - 17 - T1	270,5	153,0
RP - 17 - T2	216,5	155,0
RP - 18 - T1	251,5	109,5
RP - 18 - T2	167,0	145,5
RP - 18 - T3	291,5	237,5

O testemunho RP-17, coletado numa planície de inundação próxima à localidade de São Sebastião do Barreado, foi analisado segundo intervalos de 10 centímetros de profundidade, o que parece ter causado uma diluição das concentrações. No segmento superior (0-10 cm) a concentração de mercúrio representa um *Igeo* na classe 1 (0,27 µg/g), e no segmento inferior a concentração de 0,22 µg/g revelou um *Igeo* também na classe 1. (Gráfico 2 e Tabela 3)

O testemunho RP-18, coletado a cerca de 2 quilômetros a jusante da estação RP-17, foi analisado segundo intervalos de 5 centímetros. No segmento superior (0 - 5 cm) a concentração de mercúrio encontrada foi de 0,25 µg/g (*Igeo* na classe 1), enquanto que no segmento basal (10 - 15 cm) houve um acréscimo na concentração de mercúrio (0,29 µg/g), que parece representar flutuações de *background*. (Gráfico 2 e Tabela 3)

## 5.3 Peixes

Os resultados de mercúrio total encontrados nas espécies analisadas neste projeto confirmam o que, de forma geral, a literatura tem apresentado. De todas as espécies utilizadas para análise de mercúrio total, apenas *Hoplias malabaricus* (traíra) apresenta hábitos piscívoros; *Leporinus copelandii* (piauí) e *Brycon sp* (pirapitinga) são herbívoros; *Astyanax cf taeniatus* (lambari) e *Hipostomus affinis* e *H. wetkeni* são onívoros. (Tabelas 4 e 5)

Tabela 4 - Relação das Espécies Coletadas no Rio Preto - MG

Espécie	Nome vulgar	Número de exemplares
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	Traíra	05
<i>Hypostomus affinis</i> Lacepede, 1803	Cascudo	09
<i>Hypostomus wetkeni</i> Lacepede 1803	Cascudo	12
<i>Leporinus copelandii</i> Steindachner, 1875	Piauí	08
<i>Brycon sp</i>	Pirapitinga	06
<i>Astyanax cf taeniatus</i> (Jenis, 1842)	Lambari	11
<i>Harttia loricaniformis</i> * Steindachner, 1876	Cascudinho	02
<i>Oligosarcus hepisetus</i> * (Cuvier, 1829)	Peixe Cachorro	02
<i>Rhamdia cf parahybae</i> * Steindachner, 1876	Bagre	01
<i>Glanidium melanopterus</i> * Ribeiro, 1918	Cumbaca	01
<i>Leporinus mormirops</i> * Steindachner, 1875	Timburé	02

\* Espécies não foram analisadas por apresentar poucos exemplares

**Tabela 5 - Concentrações de Mercúrio Total no Tecido dos Peixes Coletados no Rio Preto - MG (mg/g)**

Espécie	Músculo	Fígado	Cérebro	Rim	Gônadas
Traíra	607	300	247	385	8
	384	298	58	290	4
	167	91	442	19	-
Média	386	229.6	249	231.3	6
Piau	13	1	61	10	4
	141	22	768	16	10
	55	26	31	570	-
	331	169	47	10	-
	31	-	168	-	-
	26	-	-	-	-
Média	99.5	54.5	215	151.5	7
Pirapitinga	47	77	10	188	341
	44	23	325	124	10
	70	48	10	30	-
	35	51	285	-	-
Média	49	49.7	157.5	114	175
Lambari	58	-	-	-	-
	517	-	-	-	-
	56	-	-	-	-
	17	-	-	-	-
	1	-	-	-	-
	209	-	-	-	-
	1	-	-	-	-
	19	-	-	-	-
55	-	-	-	-	
Média	114.5	-	-	-	-
Cascudo ( <i>Hipostomus Afinis</i> )	36	92	-	-	-
	250	10	-	-	-
	170	127	-	-	-
	44	118	-	-	-
	54	72	-	-	-
	1	391	-	-	-
	29	89	-	-	-
Média	83.42	128.4	-	-	-
Cascudo ( <i>Hipostomus Wetkeni</i> )	555	131	-	-	-
	14	48	-	-	-
	25	15	-	-	-
	298	175	-	-	-
	48	600	-	-	-
	42	69	-	-	-
	83	108	-	-	-
Média	152	163	-	-	-

As espécies piscívoras apresentam uma maior concentração de mercúrio no tecido, principalmente na forma orgânica (metilmercúrio) (IPCS/WHO, 1990). Esta situação foi observada tanto para músculo como para fígado, rim e cérebro, sendo a traíra a que apresentou a maior concentração de mercúrio total (Gráficos 3, 4, 5 e 6). Altas concentrações de mercúrio total em peixes piscívoros, provenientes de regiões impactadas por mercúrio, foram também verificadas por Akielaszek and Haines (1981) nos lagos canadenses; Walker (1988) no sudoeste da Austrália; Pfeiffer *et al.* (1989) em áreas de garimpo em Rondônia; Malm *et al.* (1990) em áreas de garimpo na bacia do rio Madeira e Pfeiffer *et al.* (1991) no mesmo rio.

Os peixes com hábitos alimentares onívoros e herbívoros apresentaram uma menor concentração de mercúrio total em todos os órgãos analisados, o que também é observado de uma forma geral na literatura. É interessante destacar que, para cascudos (*Hipostomus affinis* e *H. wetkeni*), o fígado foi o tecido que apresentou a maior concentração de mercúrio total, o que ocorreu para rim e cérebro em *Leporinus copelandii* (piauí) e *Brycon sp* (pirapitinga).

O fígado é um tipo de tecido que em peixes apresenta a detoxificação como uma de suas principais funções. O mercúrio, quando presente nesses órgãos, pode comprometer funções celulares específicas e essenciais, podendo, com o tempo de exposição ao metal, levar ao mal funcionamento do órgão.

O cérebro acumula o mercúrio preferencialmente na forma orgânica, e altas concentrações puderam ser observadas na traíra, piauí e pirapitinga (Gráfico 5). Os distúrbios que o mercúrio pode trazer para as funções cerebrais têm sido largamente estudados em peixes utilizando experimentos *in vitro* e *in vivo*. Sabe-se que o mercúrio pode alterar tais funções pela inibição de diversas enzimas como a monoamino oxidase, encontrada nos peixes. *Channa punctatus*, quando exposto a 0,5 ppm de metilmercúrio, apresenta a taxa da monoamino

oxidase reduzida significativamente após 40 dias de exposição. O mercúrio, ao inibir a monoamino oxidase, age também inibindo o crescimento gonadal nos peixes, uma vez que ela mostra uma grande importância no eixo hipotálamo-hipofisário gonadal (Ram & Sathyanesan, 1985). Já que a maturação sexual pode estar comprometida, tal situação pode se converter em danos irreparáveis à sobrevivência do indivíduo, inviabilizando até mesmo a permanência da espécie no meio.

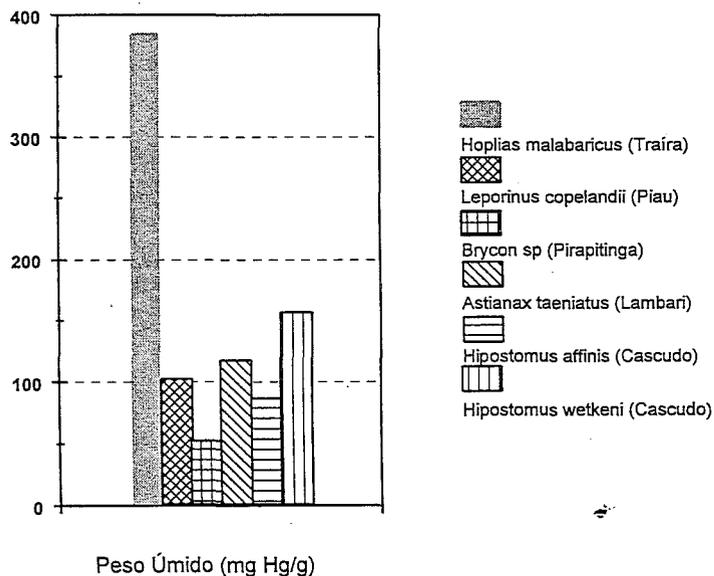


Gráfico 3 - Mercúrio em músculo de peixes

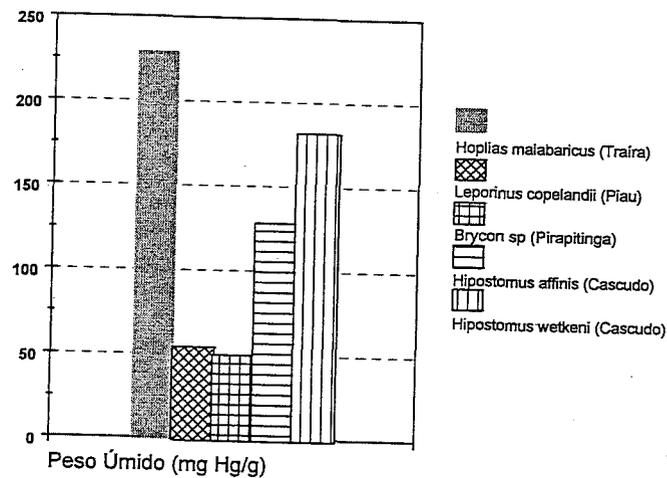


Gráfico 4 - Mercúrio em fígado de peixes

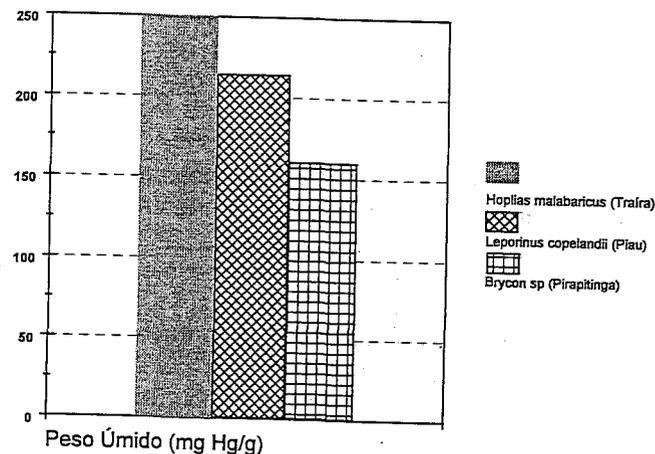


Gráfico 5 - Mercúrio em cérebro de peixes

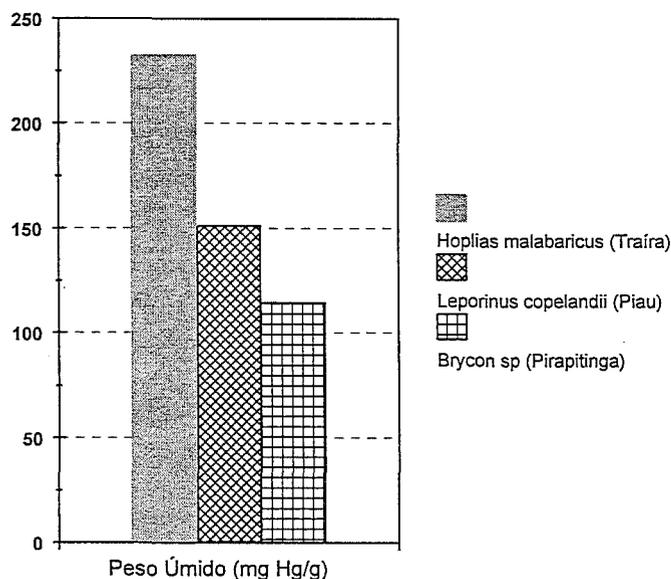


Gráfico 6 - Mercúrio em rins de peixes

O rim é conhecido como um órgão excretor de mercúrio, tanto em peixes como no homem. No entanto, essa função destina-se principalmente à eliminação da forma inorgânica. Mesmo assim, o mercúrio é encontrado em concentrações altas no rim de traíra, piau e pirapitinga, chegando mesmo a igualar as concentrações observadas no cérebro e a superar as encontradas no fígado e músculo dessas mesmas espécies (Gráficos 5, 6, 7 e 8). Segundo Julshamm *et al* (1982), para o mercúrio inorgânico a maior concentração acontece no fígado, e a menor concentração encontra-se no músculo de *Gadus morhua*. No entanto, em contaminação com mercúrio orgânico, a concentração é inicialmente maior no fígado, mas com 32 dias de exposição aumenta no músculo. Neste caso a depleção é diferenciada, não ocorrendo no músculo mas acontecendo sistematicamente no fígado.

## 6. CONCLUSÕES

Como trata-se de um diagnóstico ambiental preliminar, verifica-se que os resultados obtidos neste estudo devem ser complementados por um trabalho de pesquisa mais extensivo, onde se possa caracterizar com mais precisão as concentrações litogênicas de mercúrio, bem como as formas químicas assumidas pelo mercúrio antropogênico.

As concentrações de mercúrio encontradas em sedimentos de corrente e de planícies de inundação mostraram valores máximos correspondentes ao *Igeo* na classe 3. Isso demonstra que, mesmo com a atividade garimpeira paralisada, os efeitos da poluição por mercúrio ainda são verificados. Entretanto, o *Igeo* médio de mercúrio em sedimentos de corrente, na classe 2 (grau baixo de poluição), indica que a magnitude dos impactos ambientais nessa área foi relativamente pequena, se compararmos com os efeitos provocados pelo garimpo de ouro na Amazônia.

Foram encontrados indícios de que o mercúrio emitido pelo garimpo está sendo remobilizado através do material particulado em suspensão, não só pela existência de concentrações elevadas em planícies de inundação, mas também pelo fato das concentrações anômalas em sedimentos de corrente estarem disseminadas por toda a extensão estudada do rio. Por isso, é razoável esperar-se que o mercúrio gerado nessa área esteja sendo exportado para os rios Paraíba (distante cerca de 20 quilômetros) e Paraíba do Sul (distante cerca de 40 quilômetros).

Na avaliação dos resultados das análises de peixes, embora o número de indivíduos de cada espécie tenha sido pequeno, quando associado às concentrações de mercúrio encontradas nos sedimentos e nos testemunhos nas margens do rio Preto fica evidente seu potencial tóxico, assim como sua liberação

sistemática para a cadeia alimentar. Como um diagnóstico preliminar, o trabalho mostrou resultados que deverão ser ampliados com estudos da frequência do consumo de peixes na região, bem como sua preferência, detectando assim os grupos de risco. Este tipo de abordagem possibilitará, então, estudos mais conclusivos quanto ao risco desses níveis de mercúrio na região da bacia do rio Preto, afetada pela atividade de garimpo.

## BIBLIOGRAFIA

1. ACKERMANN, F. (1980) A procedure for correcting the grain size effect in heavy metal analysis of estuarine and coastal sediments. *Environm. Technol. Lett.* 1: 518-527.
2. AKIELASZEK, J.J. and HAINES, T.A., (1981) Mercury in the Tissue of Fish from Three Northern Maine Lakes. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 27:201-208.
3. CETEM/CNPq (1992). Preliminary diagnosis of the environmental impacts caused by gold prospecting in Alta Floresta, MT (Brazil). A case study. Coord. por L.H. Farid (*Environmental Technology Series*, 2). Rio de Janeiro. 185 p.
4. HASSUI, I. (1984). A parte central da região de dobramentos sudeste e o maciço mediano de Guaxupé - Capítulo VII. In: *Geologia do Brasil; texto explicativo do mapa escala 1:2.500.000.* Brasília, Departamento Nacional da Produção Mineral / DNPM, p.307-328. HEM, J.D. (1970). Chemical behaviour of mercury in aqueous media. In: *U.S. Geol. Survey, Professional Paper, 713. Mercury in the Environment.* Washington, 67 p., p.19-28.
5. IPCS/WHO (1990) Environmental Health Criteria 101. Methylmercury. World Health Organization. Geneva.
6. JULSHAMN, K.; RINGDAL, O. and BRAEKKAN, O.R., (1982) Mercury Concentration in Liver and Muscle of Cod (*Gadus morhua*) as an Evidence of Migration Between Waters with Different Levels of Mercury. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 29:544-549.
7. LACERDA, L.D.; PFEIFFER, W.C.; MARINS, R.V.; RODRIGUES, S.; SOUZA, C.M.M. e BASTOS, W.R. (1991) Mercury dispersal in water, sediments and aquatic biota of gold mining tailing deposit drainage in Poconé, Brazil. *Water, Air and Soil Pollution* 55:283-294.

8. MALM, O.; PFEIFFER, W.C.; SOUZA, C.M.M. and REUTHER, R., (1990) Mercury Due to Gold Mining in the Madeira River Basin, Brazil. *Ambio*. 19(1):11-15.
9. MÜLLER, G. (1979). Schwermetalle in sedimenten des Rheins - Veränderungen seit 1971. *Umschau*. v. 79, p. 778-783.
10. PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D.; MALM, O.; SOUZA, C.M.M.; SILVEIRA, E.G. and BASTOS, W.R. (1989) Mercury Concentrations in Inland Waters of Goldmining Areas in Rondônia, Brazil. *The Science of the Total Environment*. 87/88:233-240.
11. PFEIFFER, W.C.; MALM, O.; SOUZA, C.M.M.; LACERDA, L.D.; SILVEIRA, E.G. and BASTOS, W.R. (1991) Mercury in the Madeira River ecosystem, Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 38:239-245.
12. RADAMBRASIL (1983). Levantamento de Recursos Naturais Brasileiros. Folhas Rio de Janeiro/Vitória, vol. 33. Rio de Janeiro.
13. RAM, R.N. and SATHYANESAN, A.G., (1985) Mercurial Induced Brain Monoamine Oxidase Inhibition in the Teleost *Channa punctatus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 35:620-626.
14. RODRIGUES FILHO, S. (1994). Determinação dos níveis de *background* e avaliação do grau de contaminação por metais pesados em sub-bacias hidrográficas das regiões garimpeiras de Poconé-MT e Alta Floresta-MT. Dissertação (Mestrado em Geociências-Geoquímica) Universidade Federal Fluminense, 92 p.
15. ROSE, A.W.; HAWKES, H.E. and WEBB, J.S. (1979). Geochemistry in Mineral Exploration. Academic Press, London. 658 p.
16. SALOMONS, W. and FÖRSTNER, U. (1984). Metals in the Hydrocycle. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg N. York Tokyo. 349 p.

17. SIDGWICK, N.V. (1950). The chemical elements and their compounds. Clarendon Press, Oxford. 1700 p.
18. WALKER, T.I., (1988) Mercury Concentration in Edible Tissue of Elasmobranchs, Teleosts, Crustaceans and Molluscs from South-eastern Australian waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 39:39-49.
19. WELZ, B. (1985). Atomic Absorption Spectrometry. Weinheim: VCH Publishers. 506 p.

**UMA REVISÃO DA  
SÍNTESE DE PÓS  
CERÂMICOS VIA  
ALCÓXIDOS - ESTUDO  
DE CASO:**

ALCÓXIDOS DE TERRAS-RARAS

71

Plínio Eduardo Praes  
Maurício Moutinho de Silva

MCT CNPq CETEM

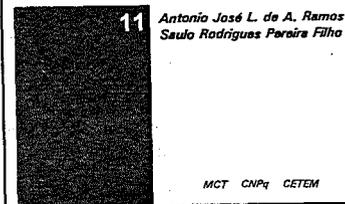
**NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE  
TECNOLOGIA MINERAL**

1. Flotação de Carvão: Estudos em Escala de Bancada - Antonio R. de Campos, Salvador L. M. de Almeida e Amílcar T. dos Santos, 1979. (esgotado)
2. Beneficiamento de Talco: Estudos em Escala de Bancada - Nelson T. Shimabukuro, Carlos Adolpho M. Baltar e Francisco W. Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
3. Beneficiamento de Talco: Estudos em Usina Piloto - Nelson T. Shimabukuro, Carlos Adolpho M. Baltar e Francisco W. Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
4. Flotação de Cianita da Localidade de Boa Esperança (MG) - Ivan O. de Carvalho Masson e Túlio Herman A. Luco, 1979. (esgotado)
5. Beneficiamento de Diatomita do Ceará - José A. C. Sobrinho e Adão B. da Luz, 1979. (esgotado)
6. Eletrorecuperação de Zinco: uma Revisão das Variáveis Influentes - Roberto C. Villas Bôas, 1979. (esgotado)
7. Redução da Gipsita com Carvão Vegetal - Ivan O. de Carvalho Masson, 1980. (esgotado)
8. Beneficiamento do Diatomito de Canaveira do Estado do Ceará - Franz Xaver H. Filho e Marcello M. da Veiga, 1980. (esgotado)
9. Moagem Autógena de Itabirito em Escala Piloto - Hedda Vargas Figueira e João Alves Sampaio, 1980. (esgotado)
10. Flotação de Minério Oxidado de Zinco de Baixo Teor - Carlos Adolpho M. Baltar e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
11. Estudo dos Efeitos de Corrente de Pulso Sobre o Eletrorefino de Prata - Luiz Gonzaga dos S. Sobral, Ronaldo Luiz C. dos Santos e Delfin da Costa Laureano, 1980. (esgotado)
12. Lixiviação Bacteriana do Sulfeto de Cobre de Baixo Teor Caraíba - Vicente Paulo de Souza, 1980. (esgotado)
13. Flotação de Minérios Oxidados de Zinco: uma Revisão de Literatura - Carlos Adolpho M. Baltar, 1980. (esgotado)
14. Efeito de Alguns Parâmetros Operacionais no Eletrorefino do Ouro - Marcus Granato e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
15. Flotação de Carvão de Santa Catarina em Escala de Bancada e Piloto - Antonio R. de Campos e Salvador L. M. de Almeida, 1981. (esgotado)
16. Aglomeração Seletiva de Finos de Carvão de Santa Catarina: Estudos Preliminares - Lauro Santos N. da Costa, 1981.
17. Briquetagem e a sua Importância para a Indústria - Walter Schinzel e Regina Célia M. da Silva, 1981. (esgotado)
18. Aplicação de Petrografia no Beneficiamento de Carvão por Flotação - Ney Hamilton Porphírio, 1981.
19. Recuperação do Cobre do Minério Oxidado de Caraíba por Extração por Solventes em Escala Semipiloto - Ivan O. C. Masson e Paulo Sérgio M. Soares, 1981. (esgotado)
20. Dynawhirpool (DWP) e sua Aplicação na Indústria Mineral - Hedda Vargas Figueira e José Aury de Aquino, 1981. (esgotado)
21. Flotação de Rejeitos Finos de Scheelita em Planta Piloto - José Farias de Oliveira, Ronaldo Moreira Horta e João Alves Sampaio, 1981. (esgotado)
22. Coque de Turfa e suas Aplicações - Regina Célia M. da Silva e Walter Schinzel, 1982.
23. Refino Eletrolítico de Ouro, Processo Wohlwill - Juliano Peres Barbosa e Roberto C. Villas Bôas, 1982. (esgotado)
24. Flotação de Oxidados de Zinco: Estudos em Escala Piloto - Adão Benvindo da Luz e Carlos Adolpho M. Baltar, 1982.
25. Dosagem de Ouro - Luiz Gonzaga S. Sobral e Marcus Granato, 1983.
26. Beneficiamento e Extração de Ouro e Prata de Minério Sulfetado - Márcio Torres M. Penna e Marcus Granato, 1983.
27. Extrações por Solventes de Cobre do Minério Oxidado de Caraíba - Paulo Sérgio M. Soares e Ivan O. de Carvalho Masson, 1983.
28. Preparo Eletrolítico de Solução de Ouro - Marcus Granato, Luiz Gonzaga S. Sobral, Ronaldo Luiz C. Santos e Delfin da Costa Laureano, 1983. (esgotado)
29. Recuperação de Prata de Fixadores Fotográficos - Luiz Gonzaga dos Santos Sobral e Marcus Granato, 1984. (esgotado)
30. Amostragem para Processamento Mineral - Mário V. Possa e Adão B. da Luz, 1984. (esgotado)
31. Indicador de Bibliotecas e Centros de Documentação em Tecnologia Mineral e Geociências do Rio de Janeiro - Subcomissão Brasileira de Documentação em Geociências - SBDG, 1984.
32. Alternativa para o Beneficiamento do Minério de Manganês de Urucum, Corumbá-MS - Lúcia Maria Cabral de Góes e Silva e Lélío Fellows Filho, 1984.
33. Lixiviação Bacteriana de Cobre de Baixo Teor em Escala de Bancada - Teresinha R. de Andrade e Francisca Pessoa de França, 1984.
34. Beneficiamento do Calcário da Região de Cantagalo-RJ. - Vanilda Rocha Barros, Hedda Vargas Figueira e Rupen Adamian, 1984.
35. Aplicação da Simulação de Hidrociclones em Circuitos de Moagem - José Ignácio de Andrade Gomes e Regina C. C. Carriso, 1985.
36. Estudo de um Método Simplificado para Determinação do "Índice de Trabalho" e sua Aplicação à Remoagem - Hedda Vargas Figueira, Luiz Antonio Pretti e Luiz Roberto Moura Valle, 1985.
37. Metalurgia Extrativa do Ouro - Marcus Granato, 1986. (esgotado)
38. Estudos de Flotação do Minério Oxidado de Zinco de Minas Gerais - Francisco W. Hollanda Vidal, Carlos Adolpho M. Baltar, José Ignácio de A. Gomes, Leonardo A. da Silva, Hedda Vargas Figueira, Adão B. da Luz e Roberto C. Villas Bôas, 1987.
39. Lista de Termos para Indexação em Tecnologia Mineral - Vera Lúcia Vianna de Carvalho, 1987.
40. Distribuição de Germânio em Frações Densimétricas de Carvões - Luiz Fernando de Carvalho e Valéria Conde Alves Moraes, 1986.
41. Aspectos do Beneficiamento de Ouro Aluvionar - Fernando A. Freitas Lins e Leonardo A. da Silva, 1987.
42. Estudos Tecnológicos para Aproveitamento da Atapulgita de Guadalupe-PI - Adão B. da Luz, Salvador L. M. de Almeida e Luciano Tadeu Silva Ramos, 1988.
43. Tratamento de Efluentes de Carvão Através de Espessador de Lamelas - Francisco W. Hollanda Vidal e Franz Xaver Horn Filho, 1988.
44. Recuperação do Ouro por Amalgamação e Cianetação: Problemas Ambientais e Possíveis Alternativas - Vicente Paulo de Souza e Fernando A. Freitas Lins, 1989. (esgotado)

45. Geopolítica dos Novos Materiais - Roberto C. Villas Bôas, 1989. (esgotado)
46. Beneficiamento de Calcário para as Indústrias de Tintas e Plásticos - Vanilda da Rocha Barros e Antonio R. de Campos, 1990.
47. Influência de Algumas Variáveis Físicas na Flotação de Partículas de Ouro - Fernando A. Freitas Lins e Rupen Adamian, 1991.
48. Caracterização Tecnológica de Caulim para a Indústria de Papel - Rosa Malena Fernandes Lima e Adão B. da Luz, 1991.
49. Amostragem de Minérios - Maria Alice C. de Goes, Mário V. Possa e Adão B. da Luz, 1991.
50. Design of Experiments in Planning Metallurgical Tests - Roberto C. Villas Bôas, 1991. (esgotado)
51. Eletrorecuperação de Ouro a partir de Soluções Diluídas de seu Cianeto - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
52. Talco do Paraná - Flotação em Usina Piloto - Salvador Luiz M. de Almeida, Adão B. da Luz e Ivan F. Pontes, 1991.
53. Os Novos Materiais e a Corrosão - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
54. Aspectos Diversos da Garimpagem de Ouro - Fernando Freitas Lins (coord.), José Cunha Cotta, Adão B. da Luz, Marcello M. da Veiga, Fernando Freitas Lins, Luiz Henrique Farid, Márcia Machado Gonçalves, Ronaldo Luiz C. dos Santos, Maria Laura Barreto e Irene C. M. H. Medeiros Portela, 1992. (esgotado)
55. Concentrador Centrífugo - Revisão e Aplicações Potenciais - Fernando Freitas Lins, Lauro S. Norbert Costa, Oscar Cuéllar Delgado, Jorge M. Alvares Gutiérrez, 1992.
56. Minerais Estratégicos: Perspectivas - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
57. O Problema do Germânio no Brasil - Roberto C. Villas Bôas, Maria Dionísia C. dos Santos e Vicente Paulo de Souza, 1992.
58. Caracterização Tecnológica do Minério Aurífero da Mineração Casa de Pedra-Mato Grosso - Ney Hamilton Porphírio e Fernando Freitas Lins, 1992.
59. Geopolitics of the New Materials: The Case of the Small Scale Mining and New Materials Developments - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
60. Degradação de Cianetos por Hipoclorito de Sódio - Antonio Carlos Augusto da Costa, 1992.
61. Paládio: Extração e Refino, uma Experiência Industrial - Luís Gonzaga S. Sobral, Marcus Granato e Roberto B. Ogando, 1992.
62. Desempenho de Ciclones e Hidrociclones - Giulio Massarani, 1992.
63. Simulação de Moagem de Talco Utilizando Seixos - Regina Coeli C. Carrisso e Mário Valente Possa, 1993.
64. Atapulgita do Piauí para a Indústria Farmacêutica - José Pereira Neto, Salvador L. M. de Almeida e Ronaldo de Miranda Carvalho, 1993.
65. Caulim: um mineral industrial importante - Adão B. da Luz e Eduardo C. Damasceno, 1993.
66. Química e Tecnologia das Terras-Raras - Alcídio Abrão, 1994.
67. Tiouréia e Bromo como Lixivantes Alternativos à Cianetação do Ouro. Roberto de Barros E. Trindade, 1994.
68. Zeólitas: Propriedades e Usos Industriais - Adão Benvindo da Luz, 1994.
69. Caracterização Tecnológica de Lascas de Quartzo - Marflia Inês Mendes Barbosa e Ney Hamilton Porphírio, 1994.
70. Froth Flotation: Relevant Facts and the Brazilian Case - Armando Corrêa de Araújo e Antônio Eduardo Clark Peres, 1995.

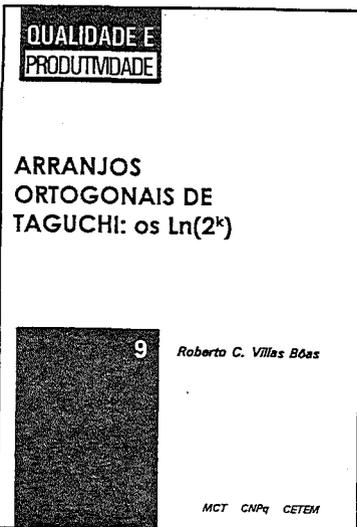
**TECNOLOGIA  
AMBIENTAL**

**DIAGNÓSTICO  
AMBIENTAL DAS ÁREAS  
SUBMETIDAS À  
GARIMPAGEM DE OURO  
EM RIO PRETO - MG**



**NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE  
TECNOLOGIA AMBIENTAL**

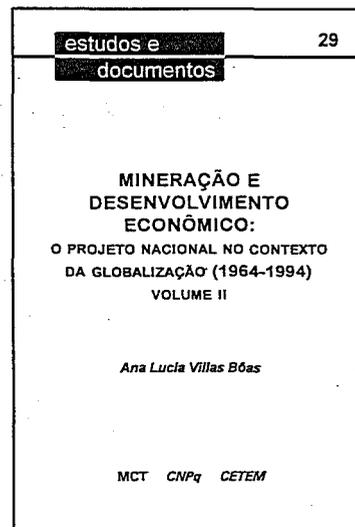
1. Poconé: Um Campo de Estudos do Impacto Ambiental do Garimpo - Marcello M. da Veiga, Francisco R. C. Fernandes, Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Antônio Odilon da Silva, Luís Drude de Lacerda, Alexandre Pessoa da Silva, Edinaldo de Castro e Silva, Evaldo F. de Oliveira, Gercino D. da Silva, Hélcias B. de Pádua, Luiz Roberto M. Pedroso, Néilson Luiz S. Ferreira, Saete Kiyoka Ozaki, Rosane V. Marins, João A. Imbassahy, Wolfgang C. Pfeiffer, Wanderley R. Bastos e Vicente Paulo de Souza (2ª edição), 1991. (esgotado)
2. Diagnóstico Preliminar dos Impactos Ambientais Gerados por Garimpos de Ouro em Alta Floresta/MT: Estudo de Caso (versão Português/Inglês) - Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Marcos P. Gonzaga, Saulo R. Pereira Filho, André Eugênio F. Campos, Néilson S. Ferreira, Gersino D. Silva, Carlos R. Tobar, Volney Câmara, Sandra S. Hacon, Diana de Lima, Vangil Silva, Luiz Roberto M. Pedroso, Edinaldo de Castro e Silva, Laís A. Menezes, 1992.
3. Mercúrio na Amazônia: Uma Bomba Relógio Química? - Luis Drude Lacerda e Win Salomons, 1992.
4. Estudo dos Impactos Ambientais Decorrentes do Extrativismo Mineral e Poluição Mercurial no Tapajós - Pré-Diagnóstico - Rita Maria Rodrigues et al., 1994.
5. Utilização do Aguapé no Tratamento de Efluentes com Cianetos - Marcus Granato, 1995.
6. Are Tropical Estuaries Environmental Sinks or Sources? - Egbert K. Duursma, 1995.
7. Assessment of the Heavy Metal Pollution in a Gold "Garimpo" - Saulo Rodrigues Filho e John Edmund L. Maddock, 1995.
8. Instrumental Multielement Analysis in Plant Materials - A Modern Method in Environmental Chemistry and Tropical Systems Research - Bernd Market, 1995.
9. Heavy Metals in Estuarine Sediments: Mangrove Swamps of the Subaé and Paraguaçu Tributary Rivers of Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil - J. F. Paredes, A. F. S. Queiroz, I. G. Carvalho, M. A. S. B. Ramos, A. L. F. Santos e C. Mosser, 1995.
10. Metais Pesados nas Sub-bacias Hidrográficas de Poconé e Alta Floresta - Saulo Rodrigues Pereira Filho, 1995.



**NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE  
QUALIDADE E PRODUTIVIDADE**

1. Qualidade na Formulação de Misturas - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
2. La Importância del Método em la Investigación Tecnológica - Roberto C. Villas Bôas, 1992.
3. Normalización Minerometalúrgica e Integración Latinoamericana - Rômulo Genuíno de Oliveira, 1993.
4. A Competitividade da Indústria Brasileira de Alumínio: Avaliação e Perspectivas - James M. G. Weiss, 1993.
5. O Gerenciamento Ambiental: Estudo de Caso de Cinco Empresas de Mineração no Brasil - José Antônio Parizotto, 1995.
6. Situação Atual e Perspectivas da Indústria Mineral no Brasil - Ulysses Rodrigues de Freitas, 1995.
7. The Profile of the Brazilian Mining Professionals - Arthur Pinto Chaves, 1995.

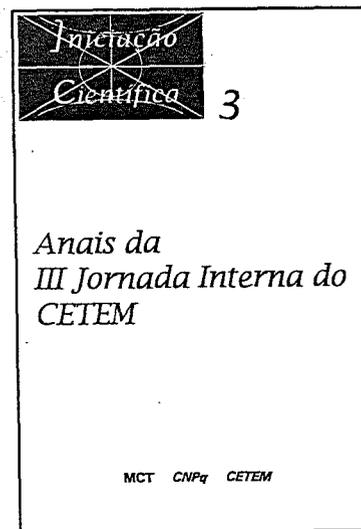
8. Certification and Use of Reference Materials - Maria Alice C. de Goes, 1995.



**NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE  
ESTUDOS E DOCUMENTOS**

1. Quem é Quem no Subsolo Brasileiro - Francisco R. C. Fernandes, Ana Maria B. M. da Cunha, Maria de Fátima Faria dos Santos, José Raimundo Coutinho de Carvalho e Maurício Lins Arcoverde, (2ª edição) 1987.
2. A Política Mineral na Constituição de 1967 - Ariadne da Silva Rocha Nodari, Alberto da Silva Rocha, Marcos Fábio Freire Montysuma e Luis Paulo Schance Heler Giannini, (2ª edição) 1987.
3. Mineração no Nordeste - Depoimentos e Experiências - Manuel Correia de Andrade, 1987. (esgotado)
4. Política Mineral do Brasil - Dois Ensaio Críticos - Osny Duarte Pereira, Paulo César Ramos de Oliveira Sá e Maria Isabel Marques, 1987. (esgotado)
5. A Questão Mineral da Amazônia - Seis Ensaio Críticos - Francisco R. C. Fernandes, Roberto Gama e Silva, Wanderlino Teixeira de Carvalho, Manuela Carneiro da Cunha, Breno Augusto dos Santos, Armando Álvares de Campos Cordeiro, Arthur Luiz Bernardelli, Paulo César de Sá e Maria Isabel Marques, 1987. (esgotado)
6. Setor Mineral e Dívida Externa - Maria Clara Couto Soares, 1987.
7. Constituinte: A Nova Política Mineral - Gabriel Guerreiro, Octávio Elísio Alves de Brito, Luciano Galvão Coutinho, Roberto Gama e Silva, Alfredo Ruy Barbosa, Hildebrando Herrmann e Osny Duarte Pereira, 1988. (esgotado)
8. A Questão Mineral na Constituição de 1988 - Fábio S. Sá Earp, Carlos Alberto K. de Sá Earp e Ana Lúcia Villas-Bôas, 1988. (esgotado)
9. Estratégia dos Grandes Grupos no Domínio dos Novos Materiais - Paulo Sá, 1989. (esgotado)
10. Política Científica e Tecnológica no Japão, Coréia do Sul e Israel. - Abraham Benzaquen Sicsú, 1989. (esgotado)
11. Legislação Mineral em Debate - Maria Laura Barreto e Gildo Sá Albuquerque (organizadores), 1990.
12. Ensaio Sobre a Pequena e Média Empresa de Mineração - Ana Maria B. M. da Cunha (organizadora) 1991.
13. Fontes e Usos de Mercúrio no Brasil - Rui C. Hasse Ferreira e Luiz Edmundo Appel, (2ª edição) 1991.
14. Recursos Minerais da Amazônia - Alguns Dados Sobre Situação e Perspectivas - Francisco R. C. Fernandes e Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, 1991. (esgotado)
15. Repercussões Ambientais em Garimpo Estável de Ouro - Um Estudo de Caso - Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, (2ª edição) 1991.
16. Panorama do Setor de Materiais e suas Relações com a Mineração: Uma Contribuição para Implementação de Linhas de P & D - Marcello M. Veiga e José Octávio Armani Pascoal, 1991.
17. Potencial de Pesquisa Química nas Universidades Brasileiras - Peter Rudolf Seidl, 1991.
18. Política de Aproveitamento de Areia no Estado de São Paulo: Dos Conflitos Existentes às Compatibilizações Possíveis - Hildebrando Hermann, 1991.

19. Uma Abordagem Crítica da Legislação Garimpeira: 1967-1989 - Maria Laura Barreto, 1993.
20. Some Reflections on Science in the Low-Income Economies - Roald Hoffmann, 1993. (esgotado)
21. Terras-raras no Brasil: depósitos, recursos identificados e reservas - Francisco Eduardo de V. Lapido Loureiro, 1994.
22. Aspectos Tecnológicos e Econômicos da Indústria de Alumínio, Marisa B. de Mello Monte e Rupen Adamian, 1994
23. Indústria Carbonífera Brasileira: conveniência e viabilidade - Gildo de A. Sá C. de Albuquerque, 1995.
24. Carvão Mineral: Aspectos Gerais e Econômicos - Regina Coeli C. Carrisso e Mário Valente Possa, 1995.
25. "Sustainable Development: materials technology and industrial development in Brazil" - Roberto C. Villas Bôas, 1995.
26. Minerais e Materiais Avançados - Heloisa Vasconcellos de Medina e Luis Alberto Almeida Reis, 1995.
27. Poluição Mercurial: parâmetros técnico-jurídicos - Maria Laura Barreto e Anna Christiana Marinho, 1995.
28. Aspectos Técnicos e Econômicos do Setor de Rochas Ornamentais - Cid Chiodi Filho, 1995.
29. Mineração e Desenvolvimento Econômico: a questão nacional nas estratégias de desenvolvimento do setor mineral (1930-1964), Vol. I - Ana Lucia Villas-Bôas, 1995.



**NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE  
INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

1. Anais da I Jornada Interna do CETEM, 1994.
2. Anais da II Jornada Interna do CETEM, 1995

## PUBLICAÇÕES AVULSAS EDITADAS PELO CETEM OU EM CO-EDIÇÃO

1. Programação Trienal: 1989/1991. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1989.
2. Manual de Usinas e Beneficiamento. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1989.
3. Garimpo, Meio Ambiente e Sociedades Indígenas. CETEM/CNPq/EDUFF, 1992.
4. Programação Trienal: 1992/1994. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq).
5. Impactos Ambientais. SPRU/USP/CNPq, 1993.
6. Relatório de Atividades de 1993. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1994.
7. Programação Trienal: 1995/1997. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1995.
8. Relatório Anual de Atividades 1994. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1995.
9. 2<sup>nd</sup> Swedish-Brazilian Workshop on Mineral Technology (CETEM/CNPq/LULEÅ/EPUSP), 1995.
10. Tratamento de Minérios (CETEM/CNPq), 1995.
11. Sustainable Development and the Advanced Materials: The Brazilian Case (IDRC/CRDI - CETEM/CNPq), 1995.