

Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul



Editora
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Carvão e meio ambiente é fruto da colaboração de inúmeros grupos de trabalho da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo contado com pesquisadores de outras instituições com o objetivo de estudar os efeitos da exploração e do uso do carvão sobre o meio ambiente, na Região Carbonífera do baixo Jacuí, no Rio Grande do Sul.

A Região, nos seus aspectos ambientais e sociais, é tratada de modo global na primeira parte do livro, que relata sobre a geologia, o clima, os solos, a vegetação e as características demográficas, econômicas e jurídico-políticas.

A partir da descrição geral busca-se uma síntese dos aspectos ambientais e socioeconômicos, visando analisar a sustentabilidade econômica e ambiental da exploração e do uso do carvão.

Estudos sobre as conseqüências da queima do carvão, na atmosfera local, no solo e na água, são abordados nos tópicos ligados ao meio físico. Especial atenção

está voltada para a recuperação de áreas mineradas e com sugestões para os tomadores de decisão quanto ao monitoramento e ao gerenciamento ambiental.

Animais e plantas foram alvo de estudos específicos com objetivo de identificar indicadores dos impactos de atividades carboníferas sobre os organismos vivos, bem como os aspectos relacionados à saúde pública.

A organização social da região e seu engajamento na melhoria do ambiente ocorreram através de estudos sobre as ações de educação ambiental promovidas por escolas e associações comunitárias.

Quer pela caracterização geral da região, quer pelos estudos específicos, *Carvão e meio ambiente* trata de forma aprofundada e original os mais diversos tópicos associados à problemática da exploração e do uso do carvão e suas conseqüências sobre o meio físico, os organismos vivos e a sociedade.

Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul



Editora
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESERVA TÉCNICA
Editora da UFRGS

© dos autores
1ª edição: 2000

Direitos reservados desta edição
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Capa: Paulo Antonio da Silveira
Foto da capa: Geraldo Mario Rohde
Editoração eletrônica: William Wazlawik
Toni Peterson Lazaro
Fernando Piccinini Schmitt

C397c Centro de Ecologia/UFRGS
Carvão e meio ambiente/ Centro de Ecologia/UFRGS. – Porto Alegre : Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

1. Carvão – Meio ambiente. I. Título.

CDU 622.33:634.0.11

Catálogo na publicação: Mônica Ballejo Canto – CRB 10/1023

ISBN 85-7025-563-2

CARV
C 332

Carvão

e Meio Ambiente

RESERVA TÉCNICA
Editora da UFRGS



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

Reitora

Wrana Maria Panizzi

Vice-Reitor

Nilton Rodrigues Paim

Pró-Reitor de Extensão

Luiz Fernando Coelho de Souza

EDITORA DA UNIVERSIDADE

Diretor

Geraldo F. Huff

CONSELHO EDITORIAL

Anna Carolina K. P. Regner

Christa Berger

Eloir Paulo Schenkel

Georgina Bond-Buckup

José Antonio Costa

Livio Amaral

Luiza Helena Malta Moll

Maria da Graça Krieger

Maria Heloisa Lenz

Paulo G. Fagundes Vizontini

Geraldo F. Huff, presidente



Editora da Universidade/UFRGS • Av. João Pessoa, 415 - 90040-000 - Porto Alegre, RS - Fone/fax (51) 224-8821, 316-4082 e 316-4090 - E-mail: editora@orion.ufrgs.br - <http://www.ufrgs.br/editora> • **Direção:** Geraldo Francisco Huff • **Editoração:** Paulo Antonio da Silveira (coordenador), Carla M. Luzzatto, Cláudia Bittencourt, Maria da Glória Almeida dos Santos, Najára Machado • **Administração:** Julio Cesar de Souza Dias (coordenador), José Pereira Brito Filho, Laerte Balbinot Dias, Norival Hermeto Nunes Saucedo • **Apoio:** Idalina Louzada, Laércio Fontoura.

AVALIAÇÃO DO EFEITO DO USO DO CARVÃO EM SAÚDE PÚBLICA: BIOINDICAÇÃO ENZIMÁTICA E MONITORAMENTO DE METAIS PESADOS EM SANGUE HUMANO

Maria Teresa Raya Rodriguez
Stella Maris Leonardi
Liege Abel
Paulo Duro
Carla Ruschel
Fernanda Abreu dos Santos

INTRODUÇÃO

Este estudo tem por principal objetivo o estabelecimento de valores médios e extremos na concentração de Pb, Cd, Cr, Mn, Cu, Zn e Ni em sangue humano de habitantes hígidos da região de Charqueadas - São Jerônimo e aplicar a metodologia da atividade da enzima d-ALA-D como bioindicador do efeito de metais pesados sobre a população acima referida.

MATERIAL E MÉTODOS

COLETA DE AMOSTRAS

Foram realizadas seis saídas a campo na área de Charqueadas - São Jerônimo para coleta de material. Esta coleta foi organizada de duas maneiras, uma amostragem funcional (funcionários de uma mesma empresa com atividade sabidamente não expos-

tas a metais) e uma amostragem de conveniência (indivíduos hígidos escolhidos aleatoriamente entre a população da região).

As datas das coletas efetuadas com o devido número de habitantes amostrados foram:

I - Amostragem funcional

- a) Data: 22.06.93
Empresa: COPELMI - Charqueadas
Número de amostras: 42
- b) Data: 15.07.93
Empresa: CEEE - São Jerônimo
Número de amostras: 33
- c) Data: 22.10.93
Empresa: ELETROSUL - São Jerônimo
Número de amostras: 47

II - Amostragem de conveniência

- a) Data: 02.07.93
Empresa: Banco de Sangue do Hospital de São Jerônimo
Número de amostras: 44
- b) Data: 29.07.93
Empresa: Laboratório de Análises Ltda. - São Jerônimo
Número de amostras: 41
- c) Data: 24.08.93
Empresa: Laboratório de Análises Ltda. - São Jerônimo
Número de amostras: 31

III - Número total de amostras de sangue coletadas: 238

Para cada amostra coletada era preenchido um formulário onde constam os seguintes dados: Nome, sexo, idade, altura, peso, profissão, endereço residencial, endereço profissional e histórico de doenças.

As amostras de sangue heparinizado eram resfriadas logo após a coleta e trazidas imediatamente para laboratório onde processava-se no mesmo dia a determinação do parâmetro enzimático e procediam-se as diluições com Triton X-100 para análise posterior de metais pesados.

Determinação dos elementos-traço por espectrofotometria de absorção atômica

A espectrofotometria de absorção atômica vem sendo amplamente empregada para a determinação de elementos-traço em material biológico. Para a obtenção dos

baixos limites de detecção necessários, esta técnica possui diferentes configurações analíticas, utilizando sempre o mesmo equipamento básico (RUBESKURA, 1988 e BEATTY, 1978).

Para cada elemento analisado variam as condições de operação do equipamento e as técnicas de atomização, que podem ser: chama ar-acetileno (FAAS) e forno de grafite (GFAAS).

Testes de exatidão são realizados através da análise de material de referência certificado e pela participação em programas de controle de qualidade interlaboratoriais.

Neste trabalho utilizou-se o Espectrofotômetro de Absorção Atômica PERKIN ELMER, modelo 2380 equipado com atomização em chama, Forno de Grafite HGA 400 e Amostrador Automático AS40. Para obtenção dos dados analíticos, utilizou-se impressora modelo PRS-10. As técnicas específicas para cada metal analisado são descritas a seguir.

Atomização eletrotérmica em forno de grafite

Os elementos-traço que foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica com forno de grafite são cádmio, manganês, cromo, níquel e chumbo. O equipamento é calibrado num comprimento de onda, fenda e concentração da curva analítica que dependem do elemento-traço a ser determinado (PERKIN ELMER, 1982). Foram utilizadas lâmpadas de descarga sem eletrodos para cádmio e chumbo (Electrodeless Discharge Lamp) e lâmpadas de cátodo oco para cobre, níquel, manganês e cromo.

Calcula-se através da curva padrão a Massa Característica do elemento-traço, ou seja, a massa do analito que produz uma absorbância de 0,0044, para verificação da sensibilidade de análise. Provas em branco são testadas a cada dez leituras e as amostras são determinadas em duplicata.

A metodologia de atomização utiliza o conceito STPF (Stabilized Temperature Platform Furnace), essencial para obtenção de correlações reproduzíveis entre a massa de analito e o sinal gerado de absorbância (SCHLEMMER, 1988).

Para este fim, vários parâmetros interagem de modo a minimizar as interferências durante a atomização (YIN e outros., 1987; SCHLEMMER e WELZ, 1986; SLAVIN e MANNING, 1980 e HINDERBERGER e outros, 1981):

- utilização de um modificador químico;
- correção contínua de sinal de absorção não específica;
- quantificação por área de pico;
- uso de tubos de grafite pirolíticos com plataforma de L'Vov;
- alcance instantâneo de temperatura de atomização;
- etapa de atomização sem fluxo interno de gás inerte (argônio).

A tabela 1 reúne as condições de operação do equipamento necessárias para cada elemento-traço analisado.

TABELA 1
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO
PARA DETERMINAÇÃO DE Cd, Mn, Cu, Cr, Ni e Pb POR GFAAS

Parâmetros	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Mn
Comprimento de onda (nm)	228,8	324,7	357,9	232,0	283,3	279,5
Fenda (nm)	0,7	0,7	0,7	0,2	0,7	0,2
Modificador químico	0,010mgMg(NO ₃) ₂	---	0,05mg Mg(NO ₃) ₂	0,05mgMg(NO ₃) ₂	0,2mgPO ₄	---
Temperatura de Pirolyse (°C)	800	1.000	1650	1.400	700	1.200
Temperatura de Atomização (°C)	2.000	2.500	2.500	2.500	2.500	2.200
Volume de amostra (nl)	20	20	20	20	20	20
Limite de detecção (mg/l)	0,003	0,02	0,01	0,2	0,05	0,01

ATOMIZAÇÃO EM CHAMA

A determinação de zinco é realizada por atomização em chama ar-acetileno, cujo limite de detecção é 0,8 mg/l (PERKIN ELMER, 1982).

O instrumento é calibrado num comprimento de onda de 213,9 nm com fenda de 0,7 nm utilizando-se lâmpada de cátodo oco e aplicando-se uma corrente de 25 mA. Soluções padrão de 10, 50, 100 e 250 mg/l de Zn preparadas diariamente em HNO₃ diluído constituem a curva de padronização.

O sistema nebulizador com pérola de vidro e queimador é ajustado no caminho ótico e a composição da chama ajustada com a solução teste de sensibilidade que gera uma absorbância de 0,200.

Provas em branco, duplicatas das amostras e correção de fundo possibilitam a avaliação dos problemas de interferência e de contaminação.

δ-ALA-DEIDRATASE DE ERITRÓCITO HUMANO

Como fonte enzimática utilizou-se sangue venoso heparinizado de adultos voluntários considerados hígidos, conforme a ficha de coleta.

O sangue total foi hemolisado com água deionizada numa proporção de 1:4 (sangue/água) e, imediatamente colocado em banho de gelo.

A técnica para a determinação de atividade da δ-ALA-Deidratase foi essencialmente a proposta pelo Conselho da Comissão da Comunidade Européia, KOM (1975). Foi adaptada para as nossas condições de trabalho quanto aos volumes usados, BELLINASSO (1985).

Quando se estudou o efeito do DTT ditioneitol (13,3mM) sobre a enzima, o mesmo foi pré-incubado juntamente com o material enzimático, de acordo com o esquema da tabela 2.

Tabela 2
ENSAIO DA MEDIDA DA ATIVIDADE
DA δ -ALA DEIDRATASE DE ERITRÓCITO HUMANO

	Banco (ml)	Ensaio (ml)
H ₂ O deionizada	0,28	0,28
Sangue diluído 1:4 (V/V)	0,10	0,10
Pré-incubação - 10 min, 37°C		
TCA-HgCl ₂	0,25	-
δ -ALA tamponado pH 6,4	0,25	0,25
Incubação - 60 min, 37°C		
TCA-HgCl ₂	-	0,25
Centrifugação 3000g - 10 min.		
Alíquota sobrenadante	0,5	0,5
H ₂ O deionizada	0,5	0,5
Reativo de Ehrlich	1,0	1,0
Tempo (estabilização - cor) - 5 min.		
Absorbância a 555 nm		

Com os dados das atividades enzimáticas calculou-se para cada amostra o parâmetro denominado $\Delta\%$ (deltapercentual), que representa a atividade residual da enzima δ -ALA-D. Tomando-se como base (100%) a atividade da enzima com adição de DTT, a diferença percentual entre esta atividade e a obtida conforme a técnica padrão (sem DTT), representa o parâmetro enzimático bioindicador $\Delta\%$ (delta %).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores encontrados para os metais Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Ni, Mn e para o parâmetro enzimático D% encontram-se tabelados em Anexo.

No tratamento estatístico destes resultados (Tabela 3) calculou-se a média das concentrações de cada parâmetro avaliado e o desvio padrão por tipo de amostragem (de conveniência e funcional). Também foi realizado esta estatística para a totalidade das amostras, chamada neste caso de amostragem geral.

Tabela 3
MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DAS ANÁLISES DE METAIS PESADOS
E BIOINDICAÇÃO ENZIMÁTICA EM SANGUE HUMANO
DA REGIÃO DE CHARQUEADAS - SÃO JERÔNIMO

AMOSTRAGENS	DE CONVENIENCIA		FUNCIONAL		GERAL	
	N = 116		N = 122		N = 238	
	Média	Des. - P	Média	Des. - P	Média	Des. - P
Cu (mg/l)	0,61	0,17	0,59	0,13	0,60	0,15
Pb (mg/dl)	20,1	3,4	19,9	3,2	20,0	3,3
Zn (mg/l)	5,5	2,1	5,5	1,3	5,5	1,8
Cd (mg/l)	2,9	0,72	2,8	0,69	2,8	0,71
Cr (mg/l)	5,0	1,7	3,8	1,0	4,4	1,5
Ni (mg/l)	4,8	1,3	4,4	1,2	4,6	1,2
Mn (mg/l)	10,1	3,5	10,7	3,6	10,4	3,5
Delta %	25,5	8,8	24,8	8,8	25,2	8,8

Desta avaliação verificou-se estatisticamente, que não existem diferenças significativas ($\alpha=0,05$) entre as médias das concentrações de cada parâmetro estudado para os dois tipos de amostragem (funcional e convencional). Desta forma, a média da amostragem geral pode representar a totalidade das coletas realizadas como valores de referência, ALESIO *et alii* (1991) e APOSTOLI e ALESIO (1991).

A aplicação da metodologia da atividade residual da enzima d-ALA-D utilizando-a como bioindicador do efeito de metais pesados sobre as amostras de sangue humano coletadas (D%), pode ser visualizada pelas figuras onde se contrasta, para cada amostra, a concentração determinada para cada metal com o parâmetro enzimático obtido. Os gráficos estão representados na Figura 1 para Cu, Figura 2 para Pb, Figura 3 para Zn, Figura 4 para Cd, Figura 5 para Cr, Figura 6 para Ni e Figura 7 para Mn.

Verifica-se, com excessão do Cu, uma tendência clara de correlação positiva entre a bioindicação enzimática e a presença do metal pesado.

Os valores médios das concentrações de metais pesados em amostras de sangue humano da região de Charqueadas - São Jerônimo foram comparadas com as obtidas para população urbana de Porto Alegre AMAZARRAY e outros (1989) e com as atividades mundiais relacionadas por TSALEV (1984), Tabela 4.

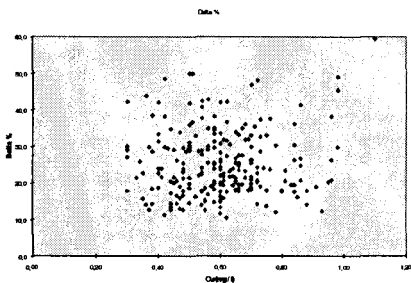


Figura 1 - Cobre em sangue humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

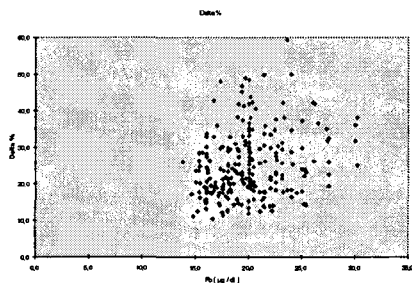


Figura 2 - Chumbo em Sangue Humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

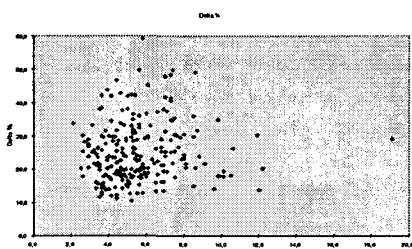


Figura 3 - Zinco em Sangue Humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

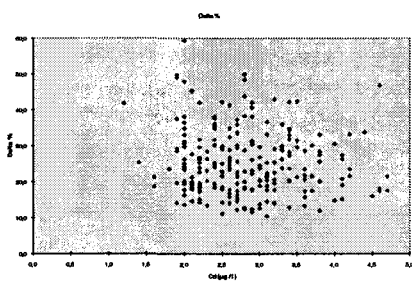


Figura 4 - Cádmiio em Sangue Humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas e São Jerônimo

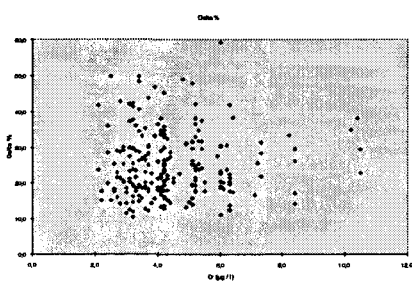


Figura 5 - Cromo em Sangue Humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

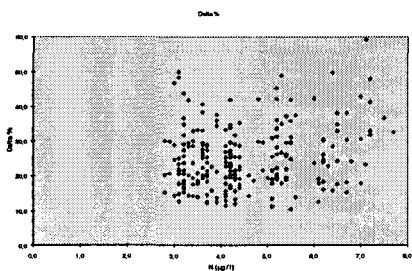


Figura 6 - Níquel em Sangue Humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

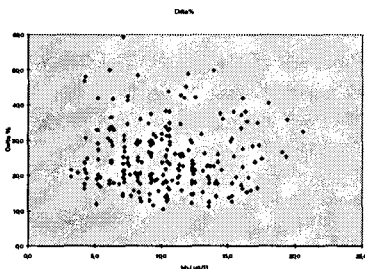


Figura 7 - Manganês em Sangue Humano e-bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

Tabela 4
QUADRO COMPARATIVO DAS MÉDIAS OBTIDAS NESTE PROJETO PARA METAIS PESADOS EM SANGUE HUMANO

AMOSTRAGENS	PROJETO 1993 N = 238	PORTO ALEGRE 1989/90 N = 296	TSALEV MÉDIA MUNDIAL
Cu (mg/l)	0,60 + 0,15	0,76 + 0,18	0,64 - 1,31 (1,0)
Pb (mg/dl)	20,0 + 3,3	21,1 + 5,3	7,0 - 20,0 (12,5)
Zn (mg/l)	5,5 + 1,8	4,9 + 1,2	2,6 - 11,2 (5,7)
Cd (mg/l)	2,8 + 0,71	5,1 + 1,7	2,0 - 6,0 (3,8)
Cr (mg/l)	4,4 + 1,5	6,8 + 4,3	2,0 - 6,0 (2,9)
Ni (mg/l)	4,8 + 1,2	5,9 + 2,2	2,9 - 7,0 (4,8)
Mn (mg/l)	10,4 + 3,5	10,1 + 5,4	3,8 - 15,1 (9,0)

Verifica-se que as médias obtidas de metais pesados na amostragem geral realizada na região de Charqueadas - São Jerônimo encontram-se dentro dos limites de normalidade mundialmente aceitos. Também as médias obtidas se situam dentro do intervalo de concentrações obtido na amostragem da população urbana normal de Porto Alegre.

O parâmetro enzimático (D%) também foi comparado com a média obtida na amostragem de Porto Alegre (Tabela 5).

Tabela 5
QUADRO COMPARATIVO DE BIOINDICAÇÃO ENZIMÁTICA (D%)

	Charqueadas - São Jerônimo	Porto Alegre 1989/90
$\Delta\%$	25,2 + 8,8	30,1 + 12,4

Verifica-se que as médias obtidas nas amostragens de Charqueadas - São Jerônimo e de Porto Alegre para a bioindicação enzimática encontram-se num mesmo intervalo de gradença, o que estaria indicando que ambas as populações avaliadas não demonstram, em nível enzimático, efeito deletério proveniente da presença de metais pesados em sangue humano.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho possibilitam concluir que:

– Os valores de referência (nível de inidicação na população em geral não ocupacional exposta)) para os metais pesados estudos em sangue humano da região de Charqueadas - São Jerônimo (RS) são:

Cu:	0,60	±	0,15 mg/l
Pb:	20,0	±	3,3 mg/l
Zn:	5,5	±	1,8 mg/l
Cd:	2,8	±	0,71 mg/l
Cr:	4,4	±	1,5 mg/l
Ni:	4,6	±	1,2 mg/l
Mn:	10,4	±	3,5 mg/l

Estes valores de referência constituem a base fundamental para estudos ecotoxicológicos destes poluentes, já que estes índices podem variar de continente a continente, bem como entre localidades geográficas específicas.

– A quantificação dos efeitos tóxicos dos metais pesados em sangue humano da população estudada pode ser avaliada pela bioindicação enzimática, através do parâmetro % e pela bioindicação enzimática, através do parâmetro D% e que na população amostrada apresentou o valor de $25,2 \pm 8,8\%$;

– A amostragem de exposição (médias das concentrações de metais pesados em sangue humano) juntamente com o indicador biológico (efeito tóxico) da população amostrada de Charqueadas - São Jerônimo, quando comparados com a população Urbana normal de Porto Alegre, encontram-se num mesmo intervalo de valores;

– Esta avaliação realizada em população não exposta da área em estudo fornece as bases para uma nova pesquisa em grupos de indivíduos sabidamente expostos ocupacionalmente ou por impactos ambientais outros;

– Sob o ponto de vista dos metais pesados o presente “status” de qualidade da saúde da população amostrada encontram-se dentro do intervalo da normalidade.

ANEXO

Concentrações de Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Ni, Mn e Bioindicação Enzimática nas amostras coletadas.

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
1	0,45	23,1	3,3	4,7	6,3	3,1	12,5	21,5
2	0,50	21,0	3,7	3,5	8,4	5,4	10,6	29,6
3	0,62	23,2	5,4	3,4	5,2	5,2	11,7	42,2
4	0,47	21,4	4,6	2,7	4,2	4,2	10,3	33,8
5	0,38	18,9	3,6	2,8	6,4	3,6	10,3	38,4
6	0,60	22,0	5,6	2,7	8,2	5,2	16,0	33,5
7	0,42	23,3	3,5	2,9	10,4	6,7	16,3	38,2
8	0,54	21,4	3,8	3,0	6,3	5,6	10,3	13,9
9	0,53	17,8	4,4	2,7	7,3	5,4	11,2	22,0
10	0,48	18,9	6,3	2,8	10,5	6,3	13,5	22,9
11	0,44	14,6	5,7	2,2	8,4	4,2	16,0	17,3
12	0,61	23,1	5,5	3,1	6,3	3,6	16,1	22,5
13	0,46	16,8	4,6	3,1	6,3	3,7	9,3	20,5
14	0,37	21,0	4,3	3,0	8,4	4,9	8,2	29,7
15	0,50	16,8	4,8	2,7	6,3	4,1	15,6	19,7
16	0,40	23,1	7,0	2,9	7,3	5,2	10,4	31,4
17	0,46	13,8	4,7	2,9	8,4	6,2	11,3	26,2
18	0,61	18,9	3,7	3,6	5,1	6,4	16,7	15,9
19	0,43	23,1	6,1	2,7	10,5	5,5	12,3	29,5
20	0,40	25,2	2,9	3,0	6,2	3,7	17,0	23,9
21	0,38	15,3	4,2	2,3	7,3	3,3	16,8	28,5
22	0,48	21,5	4,6	2,9	6,3	4,1	15,3	17,8
23	0,40	26,2	4,1	2,9	6,3	5,5	16,1	42,0
24	0,34	23,1	3,6	2,7	7,2	5,4	10,3	25,7
25	0,58	27,3	5,3	2,6	10,2	5,3	17,2	35,0
26	0,54	25,2	6,6	2,9	4,3	5,2	12,3	22,3
27	0,30	21,0	2,6	3,1	4,1	4,1	13,6	17,8
28	0,38	25,4	3,3	2,6	8,4	3,4	15,3	14,3
29	0,38	23,6	3,8	2,4	6,1	3,7	12,3	18,4
30	0,55	21,1	3,6	2,9	6,3	3,9	13,6	12,5
31	0,48	16,1	4,0	3,3	5,3	3,2	14,2	23,9
32	0,37	15,2	5,5	3,0	6,3	3,7	15,3	12,7
33	0,48	17,8	4,7	2,6	7,1	4,4	17,2	16,7
34	0,42	18,9	4,2	3,3	5,1	4,2	9,3	29,7
35	0,50	18,7	5,4	2,9	4,9	5,1	9,6	31,0
36	0,50	25,2	4,3	3,1	4,4	3,7	12,3	14,6
37	0,56	24,1	4,4	3,2	5,3	5,1	11,4	25,5

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
38	0,40	20,0	4,8	3,1	3,5	4,1	10,6	33,3
39	0,35	21,2	3,4	2,7	3,9	4,3	9,8	15,7
40	0,35	20,3	3,9	2,7	4,7	3,8	13,7	22,7
41	0,36	22,0	4,0	3,2	5,1	3,5	14,1	14,1
42	0,42	14,8	4,4	2,5	6,0	5,1	13,6	11,2
43	0,33	19,3	3,5	2,7	4,5	4,3	12,3	21,4
44	0,47	20,4	6,5	2,6	4,2	3,8	11,5	15,9
45	0,81	25,4	8,0	2,0	6,0	7,1	12,3	23,3
46	0,96	20,1	6,9	2,0	5,2	6,5	10,6	38,2
47	0,98	19,3	6,1	2,1	4,2	5,2	11,8	45,3
48	0,84	17,5	11,9	2,4	6,0	6,2	10,0	30,3
49	0,88	22,3	9,6	1,9	5,1	4,1	14,1	14,2
50	0,75	21,5	12,0	2,0	4,2	3,9	15,1	13,7
51	0,96	26,1	10,6	2,0	4,0	5,4	13,2	26,3
52	0,65	20,4	10,5	4,6	4,0	6,7	10,4	18,2
53	0,80	18,3	9,8	2,1	5,2	5,3	9,2	18,0
54	0,72	19,5	12,2	2,0	6,1	3,3	10,1	20,2
55	0,98	17,3	8,5	2,0	5,4	4,2	6,2	29,7
56	0,76	19,4	7,1	1,9	5,4	5,6	9,2	37,5
57	0,84	20,6	10,1	2,0	4,2	5,0	5,4	19,5
58	0,75	21,4	9,9	2,9	4,2	6,1	11,2	18,0
59	0,98	19,6	8,6	1,9	4,8	5,3	12,0	49,0
60	0,65	23,2	10,1	2,0	5,5	3,5	10,1	17,8
61	0,69	27,4	5,3	3,4	5,3	7,2	10,0	31,9
62	0,51	26,5	5,3	2,0	4,0	7,5	6,2	36,6
63	0,66	30,2	7,3	2,0	4,2	3,6	7,4	25,2
64	0,84	24,5	7,5	4,6	5,2	6,5	5,2	17,6
65	0,76	18,7	3,4	1,8	5,2	6,0	4,2	23,7
66	0,60	19,6	5,3	2,0	6,2	7,0	4,3	30,7
67	0,86	20,1	8,1	3,0	6,0	3,2	8,0	20,6
68	0,58	20,0	5,7	1,9	5,1	4,2	3,2	19,7
69	0,60	21,4	6,9	2,0	4,2	3,2	4,2	16,3
70	0,86	22,6	7,7	2,6	4,3	5,3	9,0	26,7
71	0,75	16,7	6,2	2,0	5,2	7,2	5,1	33,0
72	0,60	18,4	8,0	2,0	5,4	6,5	6,2	24,3
73	0,86	19,5	7,3	2,6	3,2	7,2	7,4	41,3
74	0,72	17,3	7,0	2,0	5,1	7,2	4,3	48,0
75	0,70	16,0	6,2	2,0	4,2	6,5	5,2	33,0
76	0,60	21,4	8,0	4,0	6,0	6,2	6,0	30,6
77	1,10	23,6	5,8	2,0	6,0	7,1	7,1	59,3

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
78	0,81	20,4	8,6	3,0	4,5	5,2	9,2	20,5
79	0,66	19,8	7,1	2,1	3,2	5,2	8,2	19,3
80	0,74	25,3	7,0	2,2	5,2	6,2	10,4	24,0
81	0,56	22,4	7,4	2,4	5,3	6,5	9,0	34,8
82	0,84	21,5	6,5	2,2	3,4	5,2	11,0	26,3
83	0,67	20,3	9,8	2,0	4,2	3,2	10,6	34,9
84	0,70	19,7	9,1	2,5	5,2	4,3	7,2	21,6
85	0,68	19,6	8,7	2,2	5,4	3,2	9,4	31,8
86	0,55	20,0	3,6	4,1	2,2	6,7	8,3	15,2
87	0,56	18,0	3,6	2,5	3,1	2,9	8,2	30,0
88	0,55	16,0	8,5	4,0	3,4	3,1	7,1	14,9
89	0,60	16,3	3,4	4,1	3,6	4,2	9,2	26,4
90	0,65	16,0	2,1	4,4	4,1	5,2	6,2	33,8
91	0,66	19,0	4,4	4,1	3,6	3,2	10,4	27,5
92	0,54	20,3	5,2	3,5	3,2	6,0	7,4	42,4
93	0,53	15,6	4,5	3,6	4,4	4,1	9,2	28,7
94	0,62	20,0	3,8	3,5	5,1	5,2	7,2	31,5
95	0,61	16,0	5,1	3,6	3,5	4,1	7,9	15,8
96	0,60	21,0	3,2	3,8	4,2	3,2	11,6	25,7
97	0,64	15,0	5,7	3,4	4,2	3,4	8,5	23,8
98	0,62	20,0	4,4	3,4	4,4	4,2	12,0	27,4
99	0,58	15,4	2,5	3,4	4,5	2,8	8,2	20,3
100	0,66	18,0	4,2	4,2	3,3	3,1	7,1	23,5
101	0,64	18,3	3,4	3,6	4,1	4,4	4,2	21,8
102	0,60	16,0	2,7	3,4	3,7	5,2	7,2	28,2
103	0,66	16,0	3,3	3,0	5,2	6,2	5,2	24,6
104	0,58	18,0	3,1	2,5	3,7	3,1	8,2	25,1
105	0,70	19,0	2,6	3,1	4,2	4,4	10,3	25,4
106	0,60	20,0	3,4	3,3	5,1	4,2	9,2	26,3
107	0,61	15,0	2,9	3,4	4,2	5,2	7,2	20,5
108	0,63	16,3	3,2	3,7	3,3	3,2	3,2	21,6
109	0,64	15,8	5,4	4,1	6,0	4,4	4,4	19,2
110	0,67	16,0	2,9	3,8	3,1	3,7	5,2	27,5
111	0,60	15,3	3,9	3,6	4,2	4,2	6,2	23,7
112	0,58	20,0	4,1	3,4	3,4	3,9	7,4	34,5
113	0,70	20,0	4,1	4,1	5,2	3,5	3,7	20,9
114	0,96	16,0	4,1	3,6	4,2	2,9	4,3	20,8
115	0,78	20,0	4,1	3,8	3,2	4,3	5,1	12,0
116	0,88	18,3	3,7	3,2	3,3	5,1	6,1	17,8
117	0,50	20,0	7,6	3,7	3,7	3,4	12,2	30,2
118	0,60	16,0	6,5	3,6	4,9	4,3	10,5	13,3

Amostragem de Conveniência e Funcional

Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
119	0,57	16,0	6,1	3,1	4,0	5,1	9,7	19,0
120	0,41	18,0	6,4	4,2	4,1	5,1	14,5	21,6
121	0,61	20,0	8,1	2,7	2,7	4,9	11,3	21,6
122	0,52	18,2	5,2	3,4	3,9	3,4	10,5	33,0
123	0,30	22,0	4,0	3,3	4,2	4,8	9,2	30,0
124	0,41	20,0	8,8	2,6	3,2	3,4	7,4	23,9
125	0,56	18,0	6,8	3,3	4,1	3,6	8,1	29,1
126	0,50	24,0	7,3	3,3	3,4	4,4	10,6	28,8
127	0,58	20,0	7,8	2,5	3,2	3,6	9,1	29,6
128	0,30	18,0	2,9	2,6	2,7	3,0	8,1	29,0
129	0,58	20,0	7,5	2,2	2,9	4,1	9,2	25,4
130	0,42	20,0	7,3	2,8	3,4	3,1	8,2	48,4
131	0,48	20,0	7,9	2,5	2,7	4,2	7,5	23,0
132	0,60	22,0	7,4	3,1	3,3	3,1	10,3	21,9
133	0,50	24,0	7,4	2,8	2,5	3,1	6,1	49,9
134	0,50	18,0	5,8	3,1	4,0	4,2	7,1	21,4
135	0,50	19,0	7,0	1,2	2,1	3,3	6,3	41,8
136	0,30	20,1	2,9	3,0	3,5	4,1	7,2	27,0
137	0,44	20,0	6,9	2,3	4,1	5,1	8,4	13,5
138	0,40	20,2	4,3	2,5	3,3	4,7	6,1	18,7
139	0,50	20,0	5,9	1,9	2,9	4,3	5,2	29,2
140	0,49	20,1	4,9	1,9	2,4	3,4	6,3	28,6
141	0,48	18,0	6,8	1,4	2,6	4,2	7,1	25,4
142	0,54	20,0	5,5	2,8	2,8	3,7	8,2	28,8
143	0,55	24,0	6,6	2,8	3,6	3,2	10,3	18,5
144	0,47	20,0	4,5	3,0	3,4	4,3	5,1	19,0
145	0,44	18,1	6,1	3,0	3,1	4,3	8,2	20,4
146	0,45	19,0	19,1	2,5	3,3	3,7	9,3	29,1
147	0,48	20,1	6,8	1,6	3,1	3,1	7,1	21,3
148	0,48	18,2	5,2	2,2	3,2	3,3	8,4	29,6
149	0,44	24,0	7,3	3,4	4,1	4,2	11,4	34,7
150	0,30	26,0	3,6	2,5	3,1	4,8	12,5	42,2
151	0,44	22,2	5,8	2,8	3,6	3,1	10,4	12,8
152	0,50	18,2	4,6	1,6	3,0	3,5	9,5	18,6
153	0,44	19,3	3,6	2,2	3,0	3,3	10,4	14,4
154	0,47	18,0	3,6	3,4	4,2	4,1	9,1	13,0
155	0,45	18,2	4,9	2,8	3,8	5,2	11,3	20,0
156	0,40	19,3	4,6	3,2	4,1	4,2	13,4	22,6
157	0,36	20,1	3,9	2,8	3,7	3,2	10,5	43,8
158	0,46	24,0	5,0	2,7	3,4	4,2	10,5	16,5

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
159	0,73	22,5	5,3	3,8	3,7	6,4	17,3	28,5
160	0,54	20,6	7,3	2,9	3,4	3,6	18,0	40,6
161	0,50	21,5	8,5	2,7	4,2	5,5	19,4	35,9
162	0,63	22,7	7,5	2,9	3,7	6,7	15,3	30,5
163	0,73	27,5	5,6	2,6	4,3	7,7	20,6	32,5
164	0,65	20,0	7,0	2,4	5,1	3,7	19,3	25,4
165	0,71	20,0	7,5	2,4	3,6	4,4	16,4	35,4
166	0,66	18,7	7,5	2,6	3,2	4,3	15,4	25,5
167	0,65	20,3	6,8	2,2	3,5	3,6	19,0	26,7
168	0,58	30,2	5,0	2,4	4,1	6,7	15,4	38,2
169	0,73	25,0	6,6	2,7	3,1	5,4	16,0	37,3
170	0,70	27,5	5,4	2,6	4,0	3,6	14,2	26,1
171	0,68	22,5	5,4	2,9	4,2	4,2	12,4	23,2
172	0,54	22,5	3,8	2,1	5,9	3,6	16,1	27,7
173	0,62	17,5	5,6	2,7	6,4	3,4	12,3	17,6
174	0,61	30,0	4,4	2,4	5,1	4,3	13,0	31,8
175	0,83	27,5	5,6	2,7	5,2	4,3	11,2	19,5
176	0,70	25,0	5,7	2,8	4,3	5,1	12,5	18,1
177	0,91	22,0	6,1	2,2	6,0	5,4	13,6	18,9
178	0,84	30,0	5,6	2,4	3,3	5,2	14,6	36,1
179	0,93	17,5	4,4	2,7	3,7	3,7	12,3	12,3
180	0,60	20,0	5,6	2,7	4,3	3,2	16,4	15,3
181	0,86	20,4	5,3	2,6	5,2	3,0	17,5	24,8
182	0,54	22,5	5,4	2,5	6,0	4,1	11,6	22,8
183	0,65	22,5	5,9	2,3	5,5	4,2	12,4	20,4
184	0,70	17,5	5,9	2,4	3,5	3,2	10,8	18,7
185	0,72	27,5	5,6	2,2	3,8	4,4	13,9	22,7
186	0,66	22,5	5,1	2,4	4,1	6,2	14,1	18,4
187	0,54	25,0	4,8	2,6	4,2	4,1	12,3	24,1
188	0,66	17,5	6,9	2,4	5,1	3,4	16,5	19,5
189	0,70	25,0	6,1	2,5	3,2	5,5	15,2	29,8
190	0,54	22,5	4,7	2,4	3,2	3,9	14,4	37,7
191	0,65	22,0	6,9	2,1	4,3	3,9	13,1	21,3
192	0,54	15,3	5,3	2,6	2,2	3,1	14,0	17,8
193	0,52	15,4	6,8	2,0	3,2	3,2	16,1	16,3
194	0,51	21,4	5,6	1,9	3,4	6,4	13,9	49,8
195	0,58	17,6	4,9	2,0	2,1	3,2	10,0	23,8
196	0,63	16,1	5,4	2,3	3,6	4,2	11,3	23,1
197	0,60	20,0	4,6	2,2	3,4	3,6	9,2	19,5
198	0,66	15,4	4,7	2,4	4,2	5,5	4,4	24,9

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
199	0,60	17,6	5,2	2,1	2,4	3,7	9,1	20,0
200	0,66	16,0	4,4	2,1	2,6	3,5	8,2	18,4
201	0,60	20,0	5,0	2,2	3,1	4,2	5,2	42,0
202	0,70	20,1	5,5	3,2	3,2	4,1	13,5	19,7
203	0,66	17,2	4,0	4,7	2,6	4,1	14,2	17,7
204	0,85	18,0	3,3	4,5	2,7	6,2	10,6	16,1
205	0,56	16,7	4,6	3,2	2,8	7,0	11,4	42,8
206	0,73	17,0	5,9	2,2	4,1	5,2	9,2	19,0
207	0,68	17,0	5,6	3,3	2,4	3,9	8,4	36,0
208	0,65	18,1	3,9	3,8	3,6	4,6	7,6	20,2
209	0,72	17,3	4,7	3,2	2,8	4,6	7,7	14,3
210	0,60	16,0	6,0	3,7	3,7	3,1	8,4	17,6
211	0,58	20,0	3,1	4,2	3,9	3,5	6,1	33,3
212	0,70	19,3	4,4	4,6	3,9	3,0	4,2	46,8
213	0,66	19,4	5,2	3,8	4,2	3,6	6,4	33,1
214	0,78	16,0	2,6	2,7	2,9	2,8	7,2	30,2
215	0,95	18,5	5,7	3,8	2,9	3,6	5,2	20,2
216	0,60	19,0	3,7	2,7	5,0	4,1	9,1	14,8
217	0,58	20,0	5,3	2,0	4,9	5,5	10,6	31,2
218	0,61	16,7	4,4	2,1	3,6	6,1	7,2	19,2
219	0,69	18,0	4,7	2,5	4,1	7,0	6,4	18,0
220	0,72	17,3	5,5	2,4	5,2	6,8	8,2	24,2
221	0,67	16,4	4,4	2,1	3,2	5,4	7,1	19,6
222	0,80	16,3	4,9	2,2	2,6	3,2	6,8	17,7
223	0,60	16,0	4,9	2,2	2,5	2,8	13,1	15,2
224	0,58	17,2	5,0	2,1	3,2	3,1	12,4	14,7
225	0,50	18,1	4,9	3,2	2,7	3,2	9,4	29,2
226	0,48	19,3	4,3	2,6	3,1	4,2	10,6	23,4
227	0,60	20,4	3,5	2,2	4,2	5,2	8,2	19,7
228	0,58	16,7	4,8	2,2	3,7	6,2	7,2	18,3
229	0,70	15,3	5,3	2,3	4,2	4,2	11,5	26,4
230	0,62	20,0	6,0	3,1	5,2	3,2	6,2	36,7
231	0,56	17,1	4,1	2,6	4,1	3,2	5,4	16,9
232	0,46	18,6	4,7	2,5	3,8	3,0	7,1	14,4
233	0,72	19,4	3,5	3,2	2,9	3,1	8,4	20,7
234	0,54	16,5	5,2	3,6	3,0	4,4	4,2	17,5
235	0,68	17,5	3,3	3,5	2,8	3,7	7,1	21,4
236	0,60	17,6	3,5	2,9	3,0	4,1	9,4	11,6
237	0,48	18,0	5,1	2,8	3,1	6,1	8,5	12,6
238	0,62	16,6	5,2	3,1	3,2	5,5	10,1	10,5

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
Média	0,60	19,97	5,56	2,80	4,41	4,50	10,24	25,17
S	0,15	3,25	2,06	0,68	1,52	1,19	3,65	8,82
Média (1a116)	0,61	20,02	5,57	2,90	5,23	4,77	9,89	25,54
s	0,17	3,25	2,32	0,71	1,64	1,24	3,61	8,77
Media (117 a 238)	0,59	19,91	5,55	2,72	3,64	4,25	10,57	24,82
Desvio Padrão	0,13	3,24	1,79	0,63	0,86	1,08	3,66	8,84

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALESSIO, L.; APOSTOLI, P.; DELA ROSA, H. V.; Toxicology of metals. *Revista Brasileira de Toxicologia*, v.4; n.1/2, p.1-5, 1991.
- AMAZARRAY, M. T. RAYA; BERNARDO, R; DICK, T. Levels of heavy metals in human blood (normal urban population), Porto Alegre - Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TOXICOLOGIA, 6. *Resumos 1-13*, São Paulo, 1989.
- AMAZARRAY, M. T. RAYA; BERNARDO, R; DICK, T. Enzymatic reactivation test for the assessment of heavy metal pollution impact in normal human population. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TOXICOLOGIA, 6. *Resumos 1-14*. São Paulo, 1989.
- APOSTOLI, P.; ALESSIO, L. Identification of reference values for metals in the general population. *Revista Brasileira de Toxicologia*, v.4, n.1/2, p.7-10.
- BEATY, R.D. *Concepts instrumentation and techniques in atomic absorption spectrophotometry*. USA: Perkin Elmer, 1978. 49p.
- BELLINASSO, M. L. *Estudo comparativo da d-aminolevulinato desidratase em eritrócitos humanos e fígado de peixes e o efeito de metais pesados*. Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Departamento de Bioquímica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.
- HINDERBERGER, E. J.; KAISER, M. L.; KOIRTYOHANN, S. R. Furnace atomic absorption analysis of biological samples using the L'Vov Platform and Matrix Modification. *Atomic Spectroscopy*, v.2, p.1-7, 1981.
- KOM. (Conselho da Comissão da Comunidade Européia). d-ALA desidratase. Analytische methoden. *Analysen in Biol. Material*, Bruxelas, n.166, 1975.
- PERKIN ELMER. *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy*, West Germany, n.332, 1982.
- RUBESKA, I. Determination of trace elements by atomic absorption spectrometry. In: WEST, T. S.; NURNBERG, H. W. *The determination of trace metals*. London: Blackwell Scientific Publications, 1988. p.91-104.
- SCHLEMMER, G.; WELZ, B. Palladium and magnesium nitrates a more universal modifier for graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Spectrochimica Acta*. v.41B, p.1157-1165, 1986.
- SCHLEMMER, G. The STPF concept. *Applied Atomic Spectrometry*, West Germany: Perkin Elmer, v.1, n.3E, 1988.
- SLAVIN, W.; MANNING D. C. The L'Vov Platform for furnace atomic analysis. *Spectrochimica Acta*, v.35B, p.701-714, 1980.
- TSALEV, D. L. *Atomic absorption spectrometry in occupational and environmental health practice*. USA: CRC Press, 1983. 547p.
- YIN, X; SCHLEMMER, G.; WELZ, B. Cadmium determination in biological materials using graphite furnace atomic absorption spectrometry with palladium nitrate. Ammonium nitrate modifier. *Analytical Chemistry*, v.59, p.1462-1466, 1987.