

GEOLOGIA MÉDICA - ii

ARSÊNIO

ALERTA DE PERIGO

Wilson Scarpelli

wiscar@terra.com.br



Principais 20 Substâncias Mais Perigosas

ESTÁ ENTRE
OS PRIMEIROS



- Arsênio
- Chumbo
- Mercúrio
- Cloreto de Vinil
- (PCBs) Bifenils Clorinados
- Benzeno
- Cádmio
- Benzo-a-pireno
- Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
- Benzo-b-fluoranteno
- Clorofórmio
- DDT
- Aroclor 1254
- Aroclor 1260
- Tricloroetileno
- Dibenzo-antraceno
- Dieldrin
- Cromo hexavalente
- Clordano
- Hexaclorobutadieno



<http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/07list.html>

As⁵⁺ é mais tóxico que As³⁺ e arsênio orgânico (metilado) é menos nocivo que arsênio inorgânico.

Arsênio orgânico assimilado em quantidade não excessiva é eliminado com a urina. Excesso pode fixar-se em órgãos, de onde pode ser eliminado com o tempo.

Arsênio inorgânico fixa-se em órgãos com mais facilidade que arsênio orgânico. Parte é transformado em orgânico por metilação.

Longos períodos de assimilação de arsênio podem causar feridas, cancer e outros efeitos tóxicos.

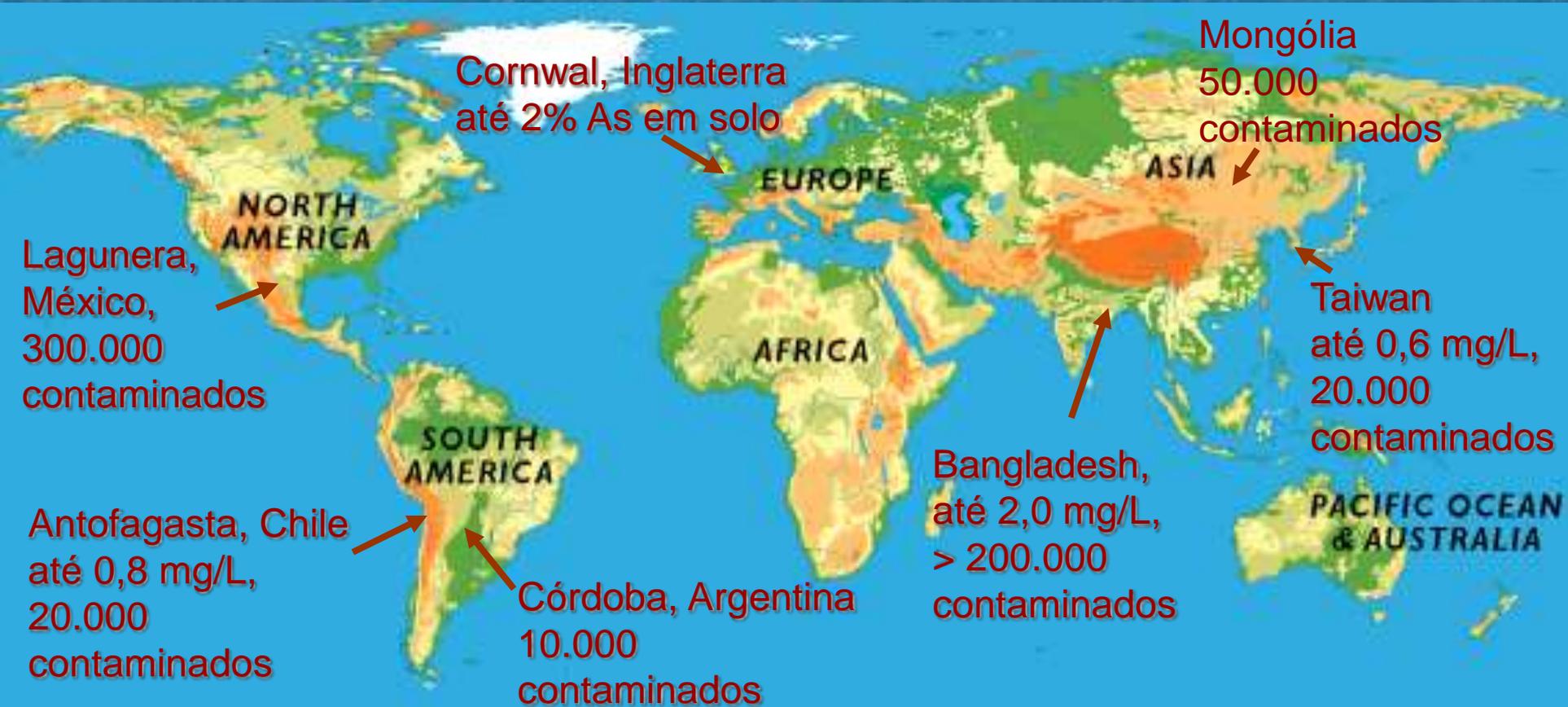
No Chile, Argentina, Índia, China e outros países há áreas com altos teores de arsênio em água natural. Populações que abastecem-se dessas águas apresentam maiores teores de arsênio no sangue, cabelo, unhas e órgãos.

Arsênio no sangue indica arsênio assimilado recentemente, a maior parte do qual é comumente eliminada pela urina.

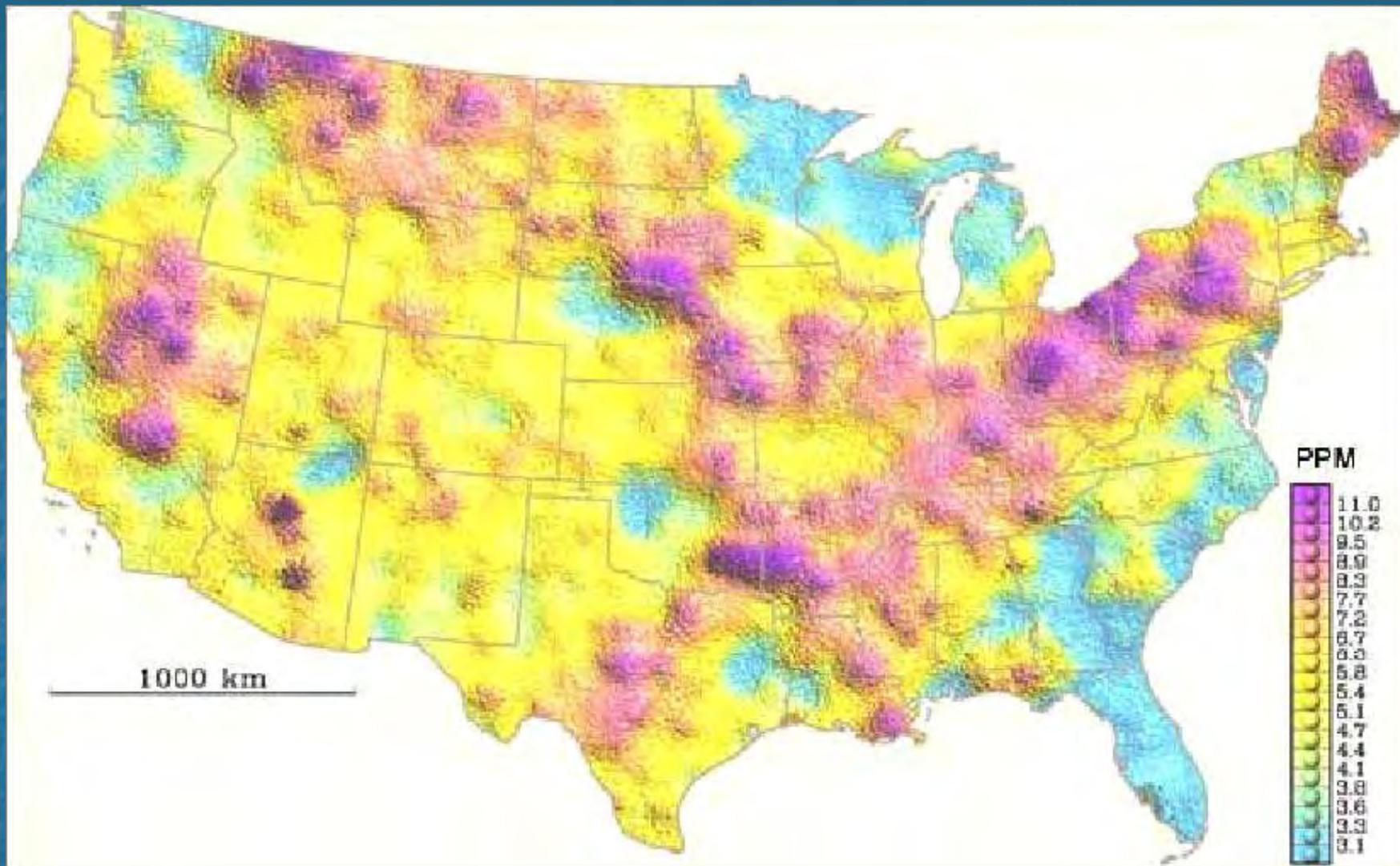
Arsênio no cabelo e unhas é arsênio fixado no organismo a mais tempo.

Em quantidades elevadas, pode levar a doenças.

GRANDES CASOS DE CONTAMINAÇÃO DE ARSÊNIO

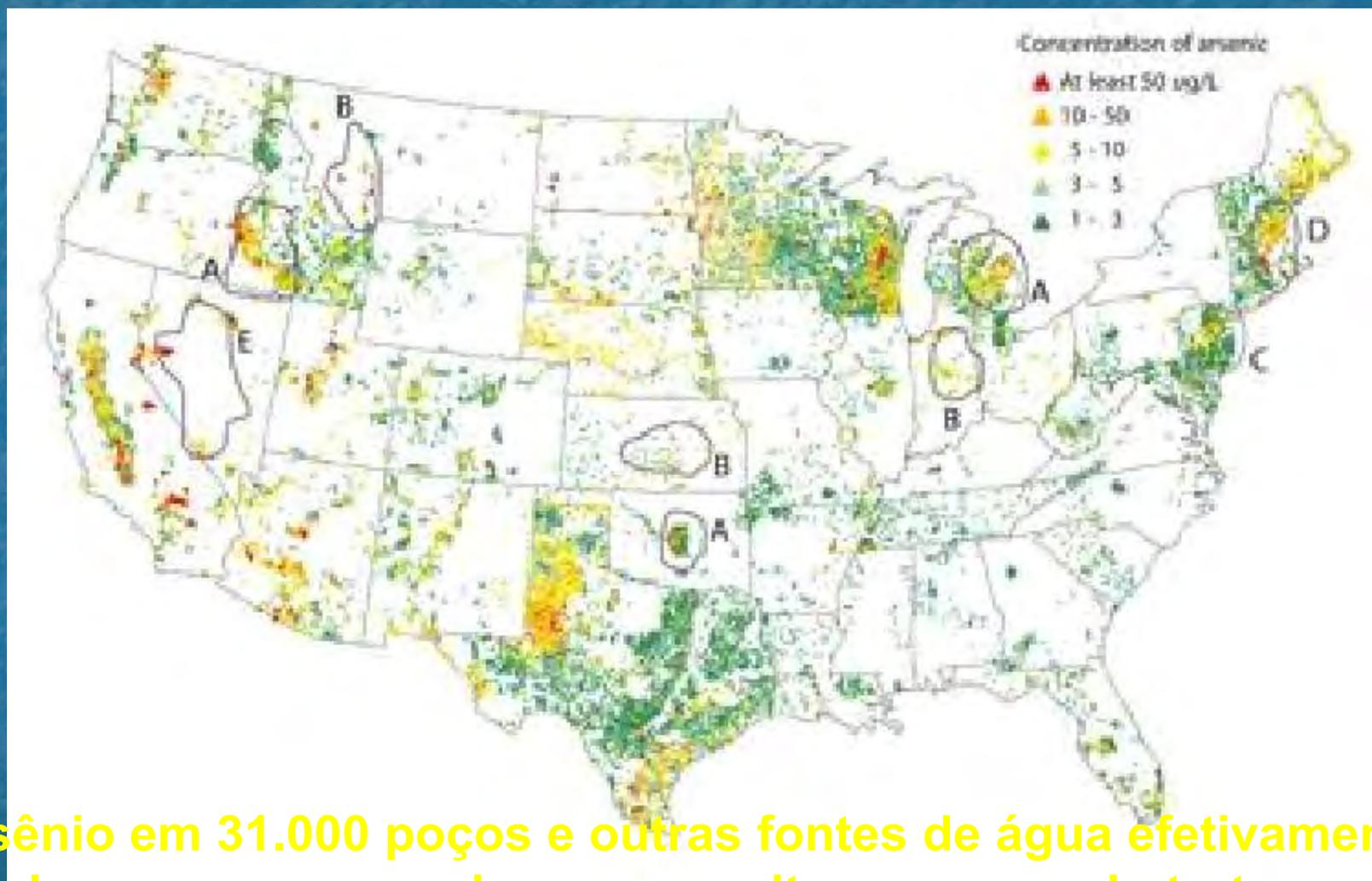


USA, ARSÊNIO EM SOLO



Arsênio em 1.323 amostras de solo de margem de estradas, a espaçamento de 80 km (uma a cada 6.000 km²)

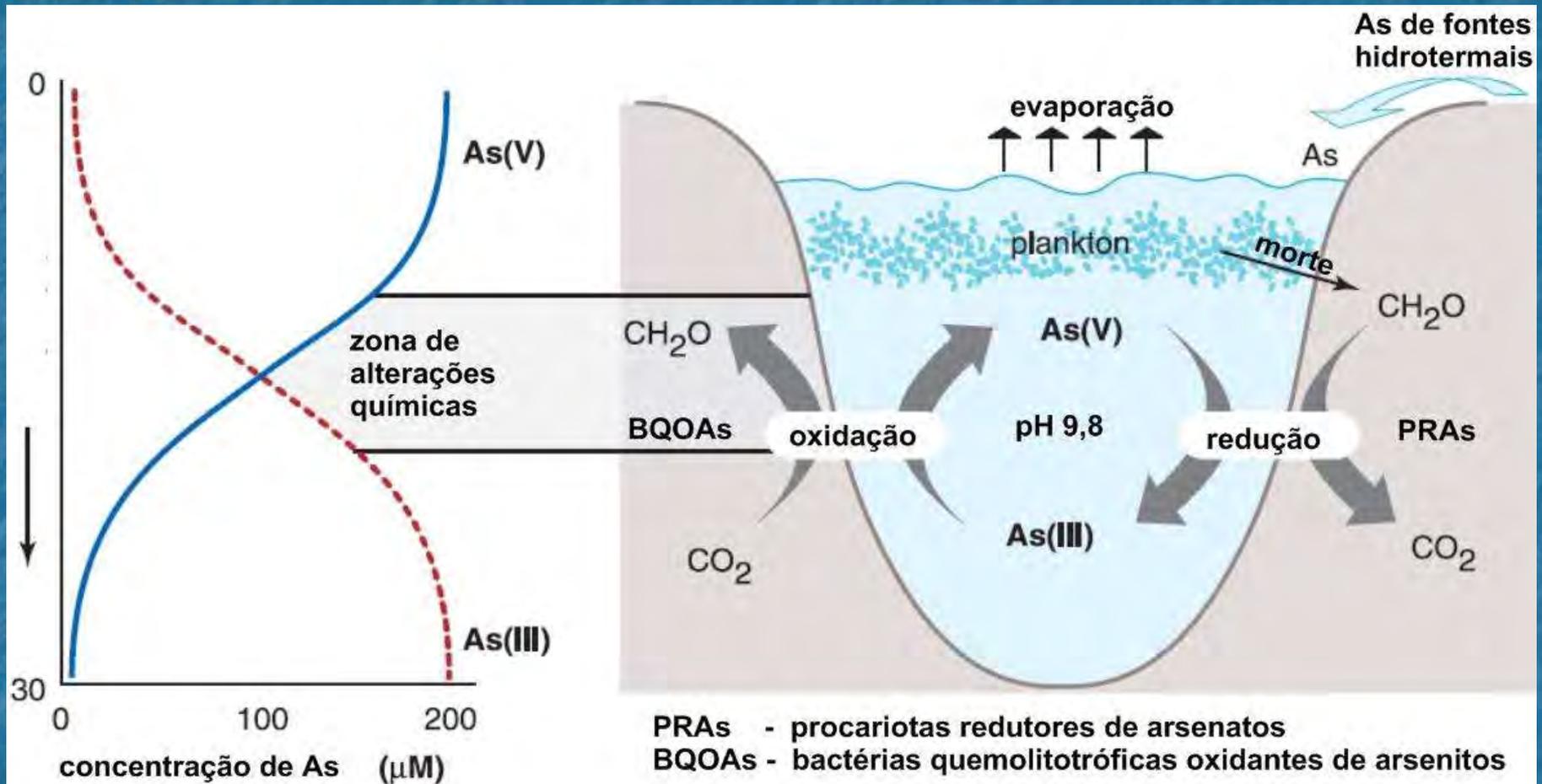
USA, ARSÊNIO EM ÁGUA DE CONSUMO HUMANO



Arsênio em 31.000 poços e outras fontes de água efetivamente usadas para consumo humano, muitos requerendo tratamento.

OXIDAÇÃO E REDUÇÃO DE ARSÊNIO

pela ação metabólica de micróbios



ESPECIAÇÃO DE As EM MONO LAKE, CALIFÓRNIA, USA

BANGLADESH, UM PAÍS SOBRE ARSÊNIO



O país situa-se sobre espesso pacote de sedimentos derivados da erosão do Himalaia. Esses sedimentos contém óxidos, hidróxidos e sulfetos de Fe, que retêm As em suas estruturas.

Estando nesses minerais o As não representa problema.

Mais de 20 milhões de habitantes sujeitos a contaminação com arsênio (um habitante em cada seis, de acordo com a World Health Organization).

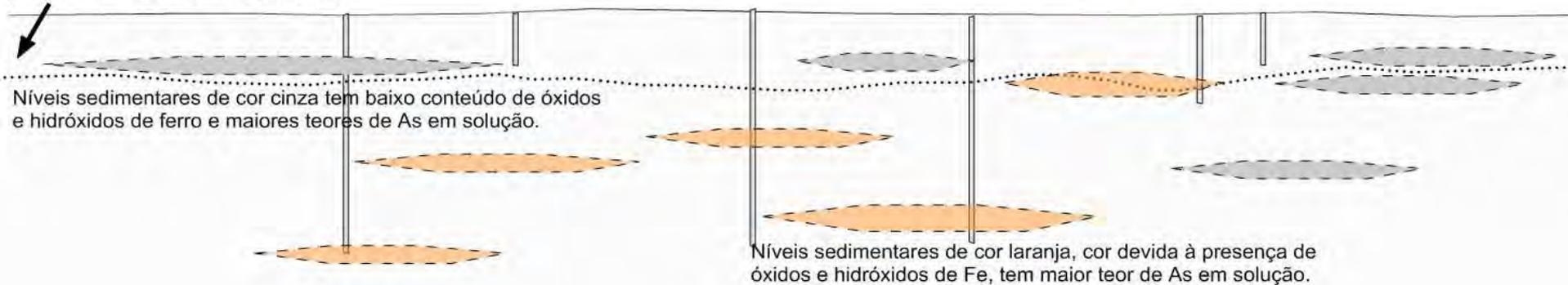
PROBLEMA DE BANGLADESH

Liberção do As em solução ocorre pela redução dos óxidos e hidróxidos de ferro por ações orgânicas (bactérias).

Maior parte da população abastece-se de água de poços. Teores acima de 50 µg/L ocorrem principalmente nos primeiros 150 m de profundidade.

altas concentrações de As solúvel predominam até 150 m de profundidade

A população usa intensamente a água para consumo e para irrigação de arrozais.



AFETAÇÕES MAIS EVIDENTES pelo excesso de arsênio na água consumida



Perfil a partir de descrição de Burgess W.G. e outros; Nature Geoscience, fev 2010, e em Fendorf, S. e outros, em Science, vol. 328, 28.05.2010

O PROBLEMA DE BANGLADESH

Material orgânico acumulado em pequenos lagos artificiais é fonte de matéria orgânica (bactérias) que reduz óxidos e hidróxidos de ferro, liberando arsênio em solução.



OUTRAS AFETAÇÕES

Aumento do índice de hipertensão em idosos e em diabete

O PROBLEMA

Erosão rápida e intensa do Himalaia, facilitada pela topografia da cordilheira, traz sedimentos ricos em As, mas concentrados principalmente em óxidos e hidróxidos de ferro, onde estão neutralizados para o consumo humano.

Os sedimentos, predominantemente de cor laranja devido aos óxidos e hidróxidos de ferro, acumulam-se nos vales que drenam a cordilheira. Em ambientes anóxicos e ricos em matéria orgânica, os óxidos e hidróxidos de ferro são reduzidos, liberando arsênio solúvel, os sedimentos tomando cor cinza.

O uso intensivo das águas possibilitou ação bacteriana em profundidade, aumentando condições de redução e grandes aumentos de As em solução.

O problema ocorre ao longo de toda a extensão do Himalaia.

Taiwan

Black foot

Devido a arsênio em água e a outro motivo ainda não identificado.

Não é reportado em outros locais.



ARSÊNIO NO BRASIL

Arsênio nos rios andinos da Bacia Amazônica

Arsênio no delta do Amazonas

Santana, AP
Arsênio em rejeitos de pelotização

Quadrilátero
Arsênio em rejeitos de antigas lavras auríferas



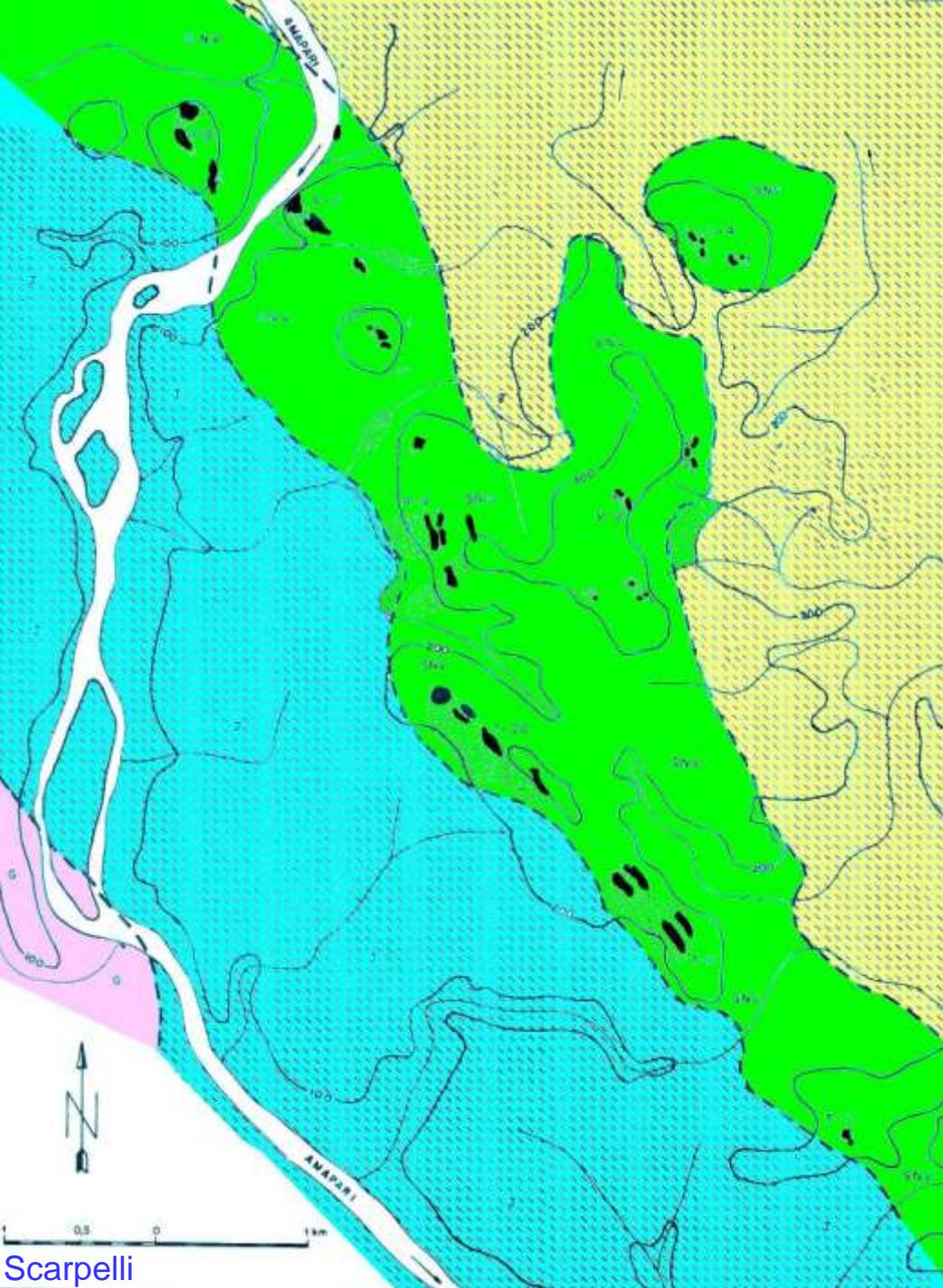
Foto da década de 50

Em Raposos, MG, vapores ricos em arsênio expelidos por chaminé de planta de produção de arsênio matou vegetação de morro vizinho a ela. A planta, paralizada, desmontada e removida, operou em meados do século XX, quando não eram bem conhecidos os efeitos do arsênio. O morro ainda mostra sinais de sua afetação.

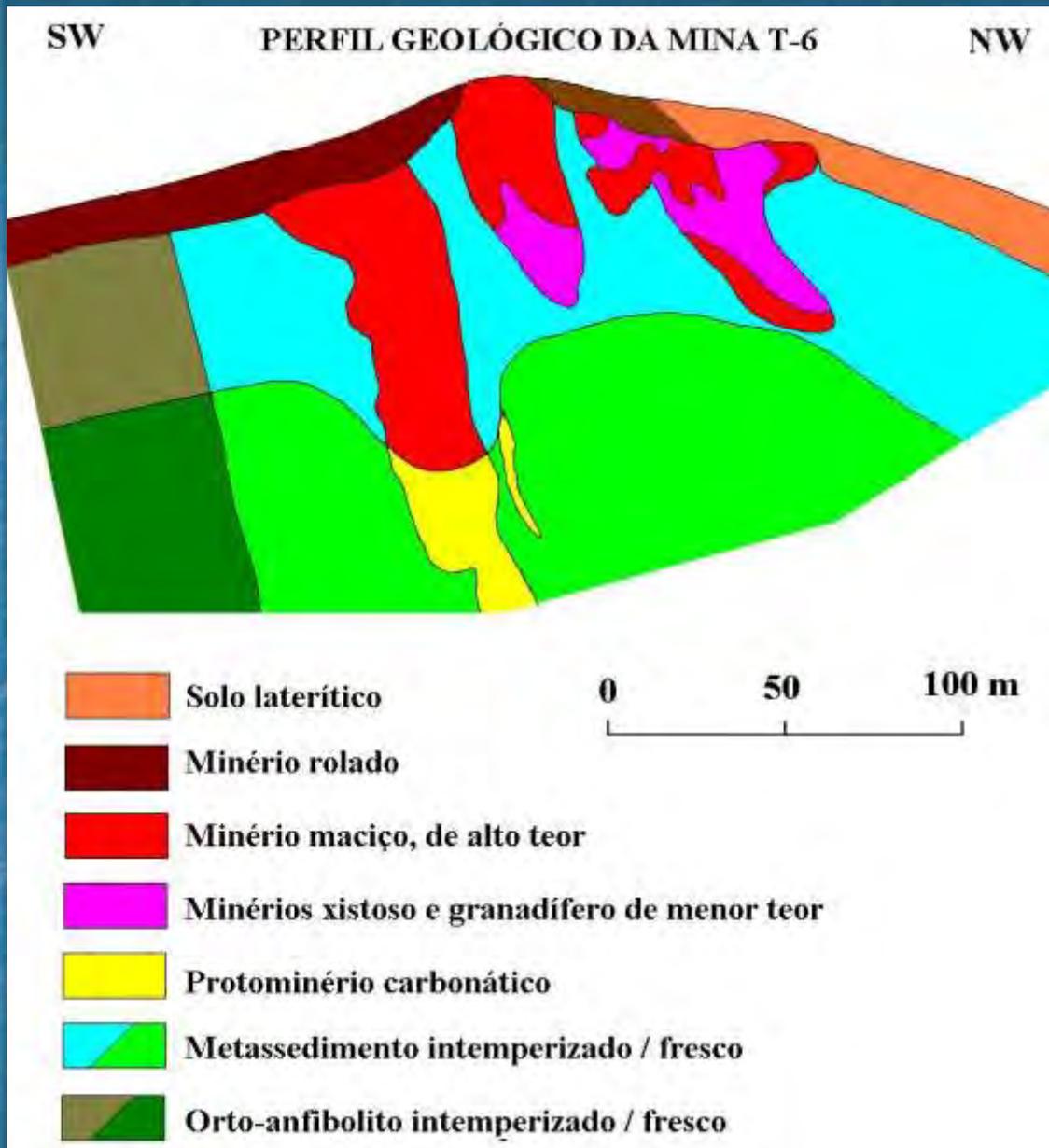
GEOLOGIA DE SERRA DO NAVIO

-  Afloramento de minério maciço
-  Metassedimentos superiores
-  Metassedimentos basais
-  Orto-anfibolitos
-  Granito-gnaisse

O minério é composto de óxidos e hidróxidos de Mn, que afloravam como grandes blocos maciços no alto de cristas topográficas, na área do pacote basal de metassedimentos.



ARSÊNIO NO MINÉRIO DE SERRA DO NAVIO



Os óxidos e hidróxidos de Mn têm origem supergênica, a partir da intemperização de camadas de mármore manganésífero ricas em rodocrosita e espessartita, em ambiente de águas com pH ácido, de cerca de 5,5.

O As é absorvido pelos óxidos e hidróxidos de Mn e Fe. O minério maciço analisava 49% Mn, 7% Fe e cerca de 0,17% As.

**MICROSCOPIA
ELETRÔNICA DE
RAIOS-X**

**MINÉRIO DE
MANGANÊS DE
SERRA DO NAVIO**

**BSE (Back scatter X-
Ray) - IMAGEM DE
ELÉTRONS
RETROESPALHADOS
EM MODO
COMPOSICIONAL
BEICOM**

**Área de 90x90 micra,
apresentada em
512x512 pixels.**

**Gerada no Instituto de
Geociências da USP,
por S.R.F. Vlach.**

**amostra de minério
de manganês**

Zona de mamelões, rica em ferro

A grayscale backscattered electron (BSE) image of a manganese ore sample. The image shows a complex microstructure with a matrix and a zone of nodules. A yellow double-headed arrow points to a horizontal band in the upper-middle section, labeled 'Zona de mamelões, rica em ferro'. Another yellow arrow points to a darker, more textured region on the right side, labeled 'Zona matriz, rica em manganês'. The overall appearance is granular with some darker, more irregular shapes.

Zona matriz, rica em manganês

**MICROSCOPIA
ELETRÔNICA DE
RAIOS-X**

**MINÉRIO DE
MANGANÊS DE
SERRA DO NAVIO**

**BSE (Back scatter X-
Ray) - IMAGEM DE
ELÉTRONS
RETROESPALHADOS
EM MODO
COMPOSICIONAL
BEICOM**

**Área de 90x90 micra,
apresentada em
512x512 pixels.**

**Gerada no Instituto de
Geociências da USP,
por S.R.F. Vlach.**

**zonas mais claras
representam maiores
teores de manganês**

**menores
teores de
manganês**

**maiores
teores
de man-
ganês**

MANGANÊS

**Os minerais são amorfos e mostram estrutura bandeadada,
predominando ora o ferro, ora o manganês.**

**MICROSCOPIA
ELETRÔNICA DE
RAIOS-X**

**MINÉRIO DE
MANGANÊS DE
SERRA DO NAVIO**

**BSE (Back scatter X-
Ray) - IMAGEM DE
ELÉTRONS
RETROESPALHADOS
EM MODO
COMPOSICIONAL
BEICOM**

**Área de 90x90 micra,
apresentada em
512x512 pixels.**

**Gerada no Instituto de
Geociências da USP,
por S.R.F. Vlach.**

**zonas mais claras
representam maiores
teores de ferro**

**maiores
teores de
ferro**

FERRO

**menores
teores
de ferro**

**Os minerais são amorfos e mostram estrutura bandeadada,
predominando ora o ferro, ora o manganês.**

**MICROSCOPIA
ELETRÔNICA DE
RAIOS-X**

**MINÉRIO DE
MANGANÊS DE
SERRA DO NAVIO**

**BSE (Back scatter X-
Ray) - IMAGEM DE
ELÉTRONS
RETROESPALHADOS
EM MODO
COMPOSICIONAL
BEICOM**

**Área de 90x90 micra,
apresentada em
512x512 pixels.**

**Gerada no Instituto de
Geociências da USP,
por S.R.F. Vlach.**

**zonas mais claras
representam maiores
teores de arsênio**

ARSÊNIO

**maiores
teores de
arsênio**

Na amostra, o arsênio associa-se intimamente aos minerais de ferro e ao manganês, no caso mais aos de ferro, replicando com precisão sua distribuição bandeada.

**MICROSCOPIA
ELETRÔNICA DE
RAIOS-X**

**MINÉRIO DE
MANGANÊS DE
SERRA DO NAVIO**

**BSE (Back scatter X-
Ray) - IMAGEM DE
ELÉTRONS
RETROESPALHADOS
EM MODO
COMPOSICIONAL
BEICOM**

**Área de 90x90 micra,
apresentada em
512x512 pixels.**

**Gerada no Instituto de
Geociências da USP,
por S.R.F. Vlach.**

**zonas mais claras
representam maiores
teores de alumínio**

ALUMÍNIO

O alumínio, que ocorre como argilas ou gibbsita, mostra distribuição oposta à do arsênio, sendo menos frequente nas bandas mais ricas em arsênio.

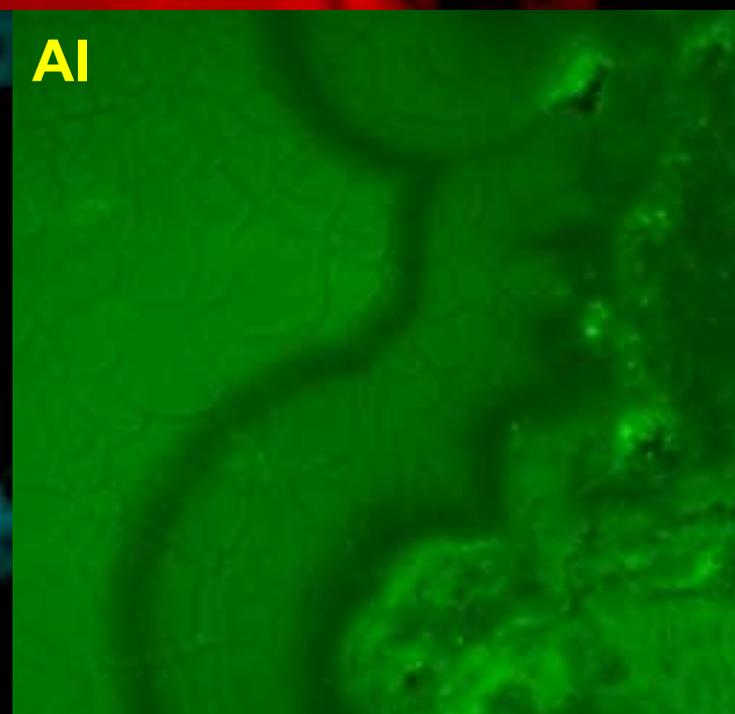
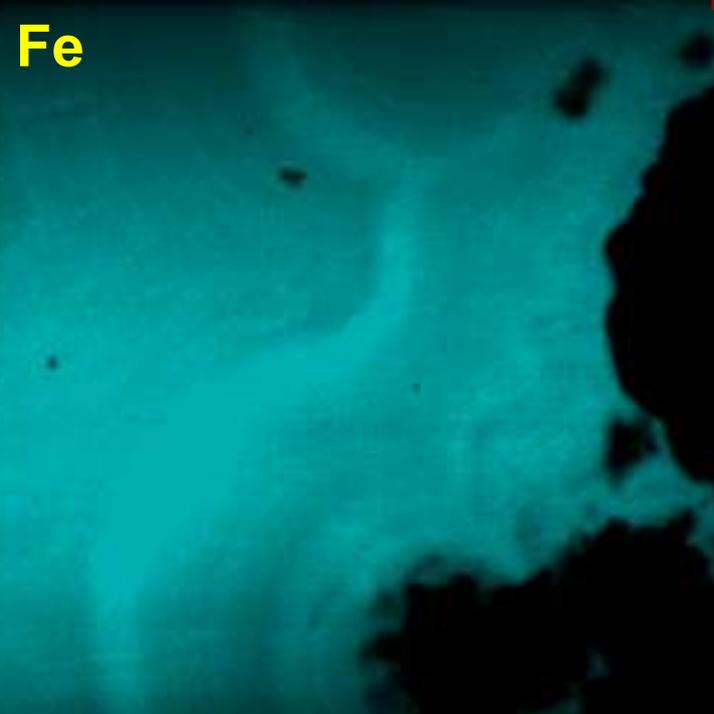
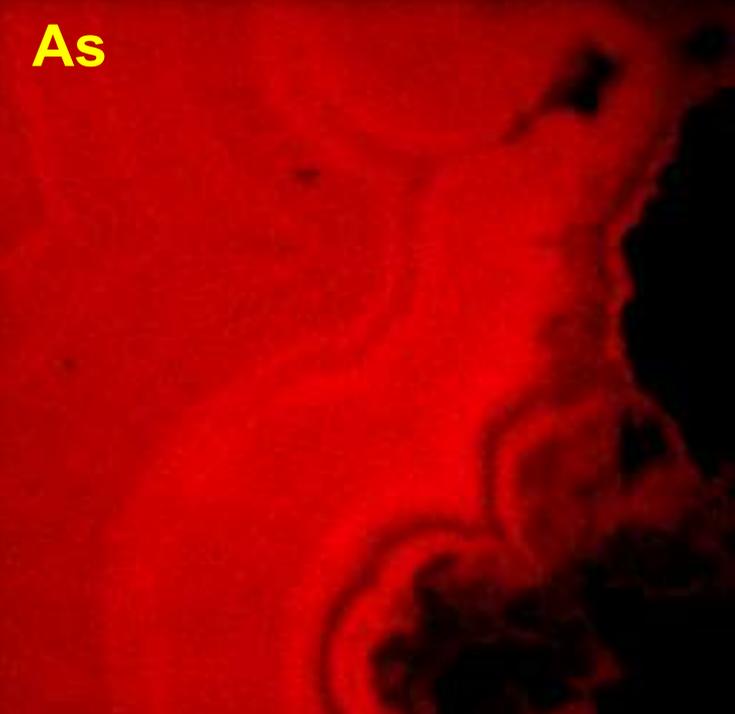
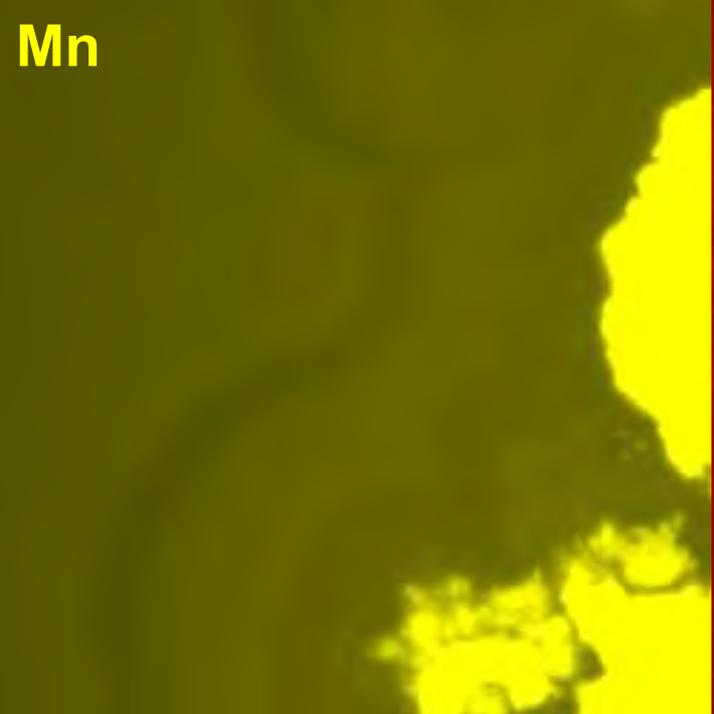
**MICROSCOPIA
ELETRÔNICA DE
RAIOS-X**

**MINÉRIO DE
MANGANÊS DE
SERRA DO NAVIO**

**BSE (Back scatter X-
Ray) - IMAGEM DE
ELÉTRONS
RETROESPALHADOS
EM MODO
COMPOSICIONAL
BEICOM**

**Área de 90x90 micra,
apresentada em
512x512 pixels.**

**Gerada no Instituto de
Geociências da USP,
por S.R.F. Vlach.**



USINA DE PELOTIZAÇÃO DA ICOMI EM SANTANA

pelotas: 1973-1983 - sinter: 1989-1996



Elesbã

Rio Amazonas

barragem de rejeitos

← porto

ARSÊNIO EM SANTANA, AMAPÁ

Entre 1973 e 1983, a partir de finos do minério, foram produzidas 1.275.000 toneladas de pelotas. O aquecimento na pelotização reconstituiu em parte a mineralogia do protominério, instável nas condições atmosféricas locais. Do processo também resultaram 75.600 toneladas de rejeitos, depositados em bacia ao lado da planta de pelotização.

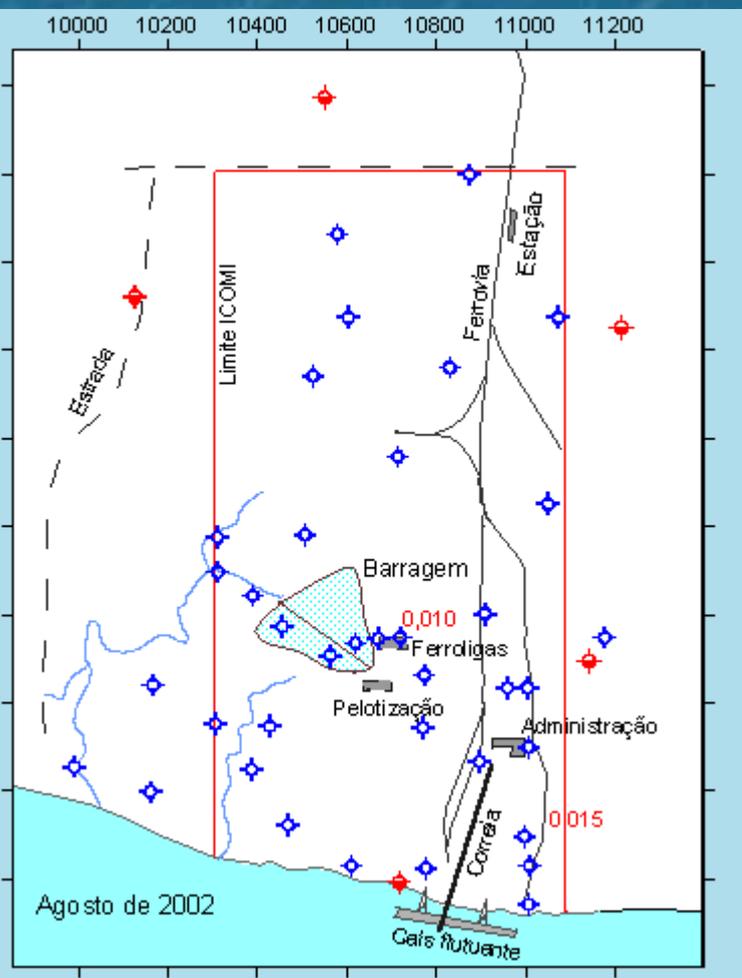
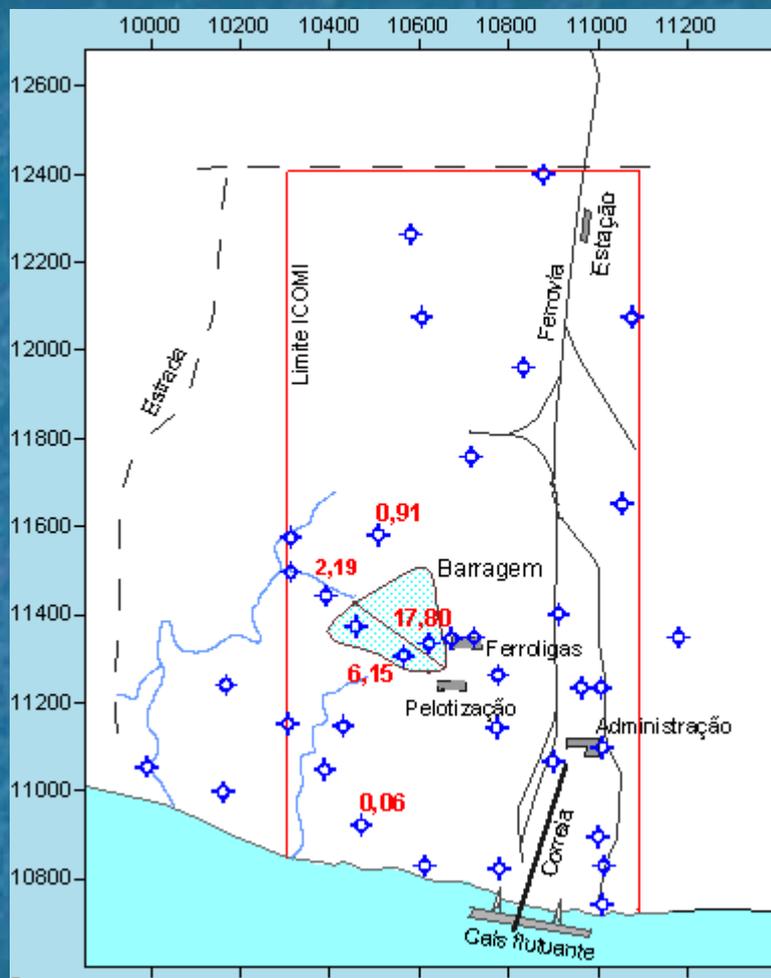
A relativa instabilidade mineral dos rejeitos causou contaminação por As de drenagens e do lençol freático na área da bacia. A retirada e o isolamento dos rejeitos da bacia reduziu de pronto a contaminação.

Os teores de arsênio no lençol freático caíram rapidamente, possivelmente por coprecipitação com óxidos e hidróxidos de manganês e ferro, nas condições de pH ácido do local, replicando a intemperização que resultou no minério.



ARSÊNIO EM ÁGUAS DE SUBSOLO EM SANTANA, AP

(valores de monitoramento de agosto de 1997 e de 2002)



Pontos sem valores: em 1997, < 0,05 mg/L
em 2002, < 0,01 mg/L

Valores em mg/L

TOXICIDADE – NORMAS DE DEFINIÇÃO

ENSAIOS DE SOLUBILIZAÇÃO

ABNT – NBR 10006

Ensaio em solução neutra, de pH 7,0.

Ensaio em duplicata, cada uma com 100 g.

Após agitação inicial, permanência de 7 dias.

Ao final, solução é diluída até 400 ml com água deionizada.

Mede-se o teor do elemento na solução.

ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO

ABNT – NBR 10005

Ensaio em meio ácido natural, usando-se ácido acético 0,5 N.

Agitação contínua de 50 g da amostra em pH 5,0 +/- 0,2.

Período mínimo de 25 horas.

A acidez é mantida com novas adições de ácido acético.

Ao final, a solução é diluída até 800 ml com água deionizada.

Mede-se quantidade de ácido usada e teor do elemento na solução.

PADRÕES PARA ARSÊNIO

ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	< 0,010 mg/L (< ~10 ppm) (até 2000 era <0,050 mg/L)	Ministério da Saúde, Portaria 1469/GM, Art. 14, 29.12.2000
ÁGUA DE SUBSOLO	Não há padrão definido	CETESB usa teor de água potável
EFLUENTE DESCARREGÁVEL EM DRENAGEM	< 0,500 mg/L (< ~500 ppm)	CONAMA, Resolução 20/1986
PRODUTO INERTE	< 0,050 mg/L na solubilização	ABNT, Normas NBR-10004 e 10006
PRODUTO NÃO INERTE	< 5,000 mg/L na lixiviação >0,050 mg/L na solubilização	ABNT , Normas NBR-10004, 10005 e 10006
PRODUTO TÓXICO	> 5,000 mg/L na lixiviação	ABNT, Normas NBR-10004 e 10005

SOLUBILIDADE DO ARSÊNIO

de minério de manganês de Serra do Navio

Mi- né- rio	Teores das amostras		
	% Mn	% Fe	ppm As
G36	26	15	1.516
B30	29	15	1.364
M30	30	14	1.558
M28	29	13	1.499
M26	26	14	1.549
M20	25	13	1.356
Carb	17	5	1.415

ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO				
amos- tra mg	As		As lixiviado	
	solu- ção mg/L	mg	%	
			mg	%
76	0,01	0,01	0,01	0,01
68	0,01	0,01	0,01	0,01
78	0,01	0,01	0,01	0,01
75	0,01	0,01	0,01	0,01
77	0,01	0,01	0,01	0,01
68	0,01	0,01	0,01	0,01
71	0,07	0,06	0,08	0,08

ENSAIOS DE SOLUBILIZAÇÃO				
amos- tra mg	As		As solubilizado	
	solu- ção mg/L	mg	%	
			mg	%
152	0,01	0,04	0,03	0,03
136	0,01	0,04	0,03	0,03
156	0,01	0,04	0,03	0,03
150	0,01	0,04	0,03	0,03
155	0,01	0,04	0,03	0,03
136	0,01	0,04	0,03	0,03
142	0,47	0,19	0,133	0,133

Dissolução é menor nos ensaios de lixiviação, feitos em pH ácido, refletindo a gênese dos minérios em ambiente ácido. Menos de 0,01% do As contido nas amostras é dissolvido.

- G36 e B30 – minérios grosso e bitolado (>0,8 cm diâmetro)
- M30, M28, M26 e M20 – minério miúdo (<0,8 a >1 mm diâmetro)
- Carb – minério carbonático, fresco, não oxidado

CLASSIFICAÇÃO DE TOXICIDADE

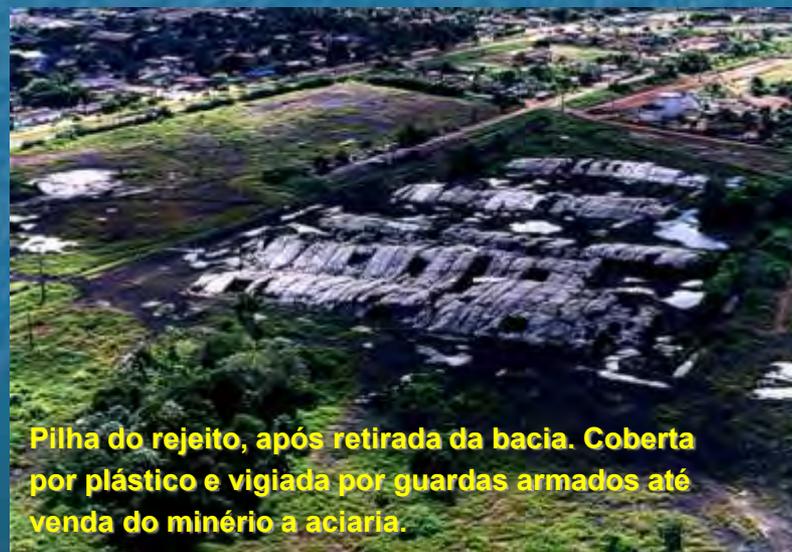
do rejeito da pelotização, no Porto de Santana, Amapá

Teor da amostra		
% Mn	% Fe	ppm As
35	13	2.080

ENSAIO DE LIXIVIAÇÃO			
As		As	
amos -tra mg	solu-ção mg/L	lixiviado	
		mg	%
104	0,99	0,79	0,76

ENSAIO DE SOLUBILIZAÇÃO			
As		As	
amos -tra mg	solu-ção mg/L	solubilizado	
		mg	%
208	1,85	0,74	0,356

Pelas normas brasileiras o rejeito analisado é Não Inerte; pela solução do Teste de Lixiviação apresentar menos de 5 mg/litro e a solução do Teste de Solubilização mais de 0,050 mg/litro.



Pilha do rejeito, após retirada da bacia. Coberta por plástico e vigiada por guardas armados até venda do minério a aciaria.

ARSÊNIO NA VILA ELESBÃO

Comunidade a norte e oeste da Área Industrial da ICOMI, a qual reclamou de contaminação por arsênio.

Para verificar, o Instituto Evandro Chagas examinou a situação de saúde de 2.045 pessoas, das quais também foram tomadas amostras de cabelo e de sangue.

O estudo médico revelou população muito sofrida, com forte incidência de doenças de subdesenvolvimento.

SIGNIFICADO DOS EXAMES

Arsênio no sangue indica arsênio assimilado recentemente, a maior parte do qual é comumente eliminada pela urina.

Arsênio no cabelo é arsênio fixado no organismo a mais tempo. Em quantidades elevadas, pode levar a doenças.

VALORES LIMITES ADOTADOS PELO INSTITUTO EVANDRO CHAGAS (dezembro de 2001)

As no sangue: 10 ppb (10 µg/L)

As em cabelo: 1 a 2 ppm (1 a 2 mg/kg)

RESULTADOS

67 indivíduos com mais de 10 ppb As no sangue

Todos com menos de 2 ppm As em cabelo

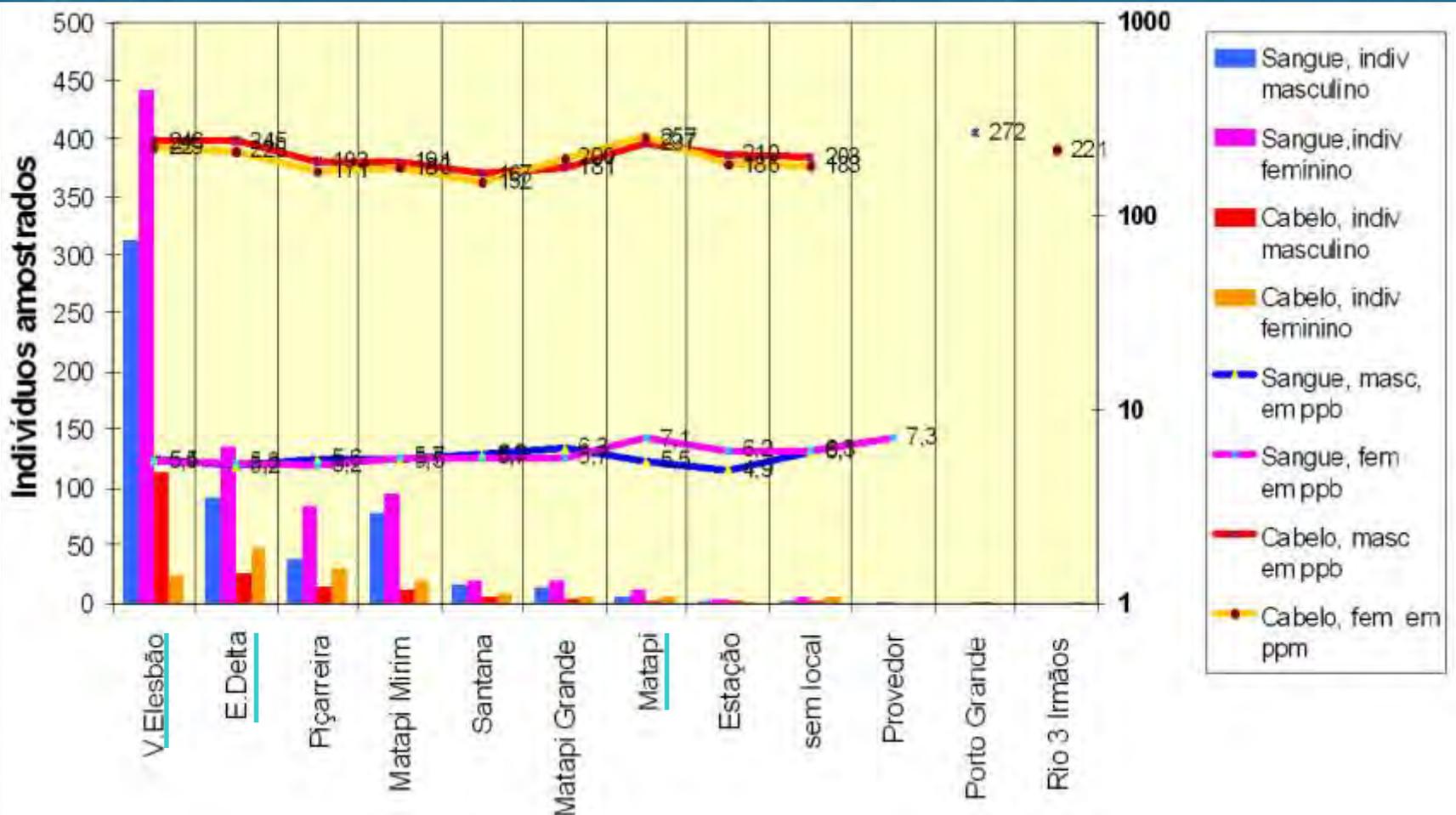
Maiores valores em vilas próximas ao Rio Amazonas

*Lima, M.O. e outros; Avaliação de arsênio total, de elementos traços e ...
Elesbão, Santana, Amapá; Cad.Saúde Colet., vol 15(4), pg.467-482, 2007*

*Santos, E.C.O. e outros; Exposure to mercury and arsenic in Amazon States: a summary
of studies by the Evandro Chagas Institute; Rev.Bras.Epidemiol., v.6, n.2, jun 2003*

ARSÊNIO EM SANGUE E CABELO

(resultados de exames pelo Inst. Evandro Chagas, conforme local de moradia)



Maiores valores nas vilas V.Elesbão, E. Delta, e Matapi, que abastecem-se de água do Rio Amazonas.

Valores em partes por bilhão (ppb)
 Limite em sangue: 10 ppb
 Limite em cabelo: 1.000 a 2.000 ppb



Bogotá

Boa Vista

Quito

ORIGEM DO ARSÊNIO NA BACIA AMAZÔNICA

Belem

La Paz

Cuiabá

Brasília

2.000 km



CONTRASTE EROSIVO

Bogotá

Boa Vista

Quito

Manaus

Belem

PROFUNDA INTEMPERIZAÇÃO

Cruzeiro do Sul

Porto Velho

INTENSA EROSIÃO

La Paz

Cuiabá

Brasília

2.000 km

CONTRASTE EROSIVO

Bogotá

209.000 m³/seg
600.000 tpa sólidos

Rio Solimões
65% dos sólidos

Óbidos

Santarém

Belem

Manaus

Solimões

Rio Madeira
32% dos sólidos

NW Brasil

Araca

La Luna

La Paz

Brasília

Fotos nos próximos slides

Scarpelli

Seyler, P.T. e Boaventura, G.R., *Trace Elements in the Mainstem Amazon River*, Biogeochemistry of the Amazon Basin, Oxford Press, 2001, pag. 307-327

VALE DO RIO LA LUNA

Recebe as águas que drenam de La Paz

Na foto, há mais de 1.000 metros de diferença de elevação entre os pontos mais altos e os mais baixos.

A escassa vegetação permite forte erosão e os vales são carregados de sedimentos e chegam a ser meandранtes.

Foto H. Sioli,
The Amazon 1984

VALE DO RIO ARACA

A leste de La Paz, com mineralizações auríferas com pirritas arseniacais.

Terraços topográficos são retomados pela erosão.

Os altos nevados da Cordilheira Quinza Cruz chegam a mais de 4.800 m de altura, enquanto o fundo do vale está abaixo de 3.000 m. As casas anotadas estão a 3.900 m de altura.



Na borda leste dos Andes há muita mineralização de ouro arseniacal.



**CONTRASTE DA
COR DAS ÁGUAS**

**DIVISA
ENTRE
BRASIL
(RONDÔNIA)
E BOLÍVIA**

**Rios de origem
andina, como o
Beni tem maior
carga de
sedimentos em
suspensão que rios
não andinos, como
o Abunã.**

Rio Madeira

Rio Abuna

Bolívia

Brazil

Rio Bene

Rio
Manore

Rios de origem andina, como o Solimões e o Madeira têm maior carga de sedimentos em suspensão que rios não andinos, como o Negro.

CONTRASTE DA COR DAS ÁGUAS

RIO NEGRO

MANAUS

RIO SOLIMÕES

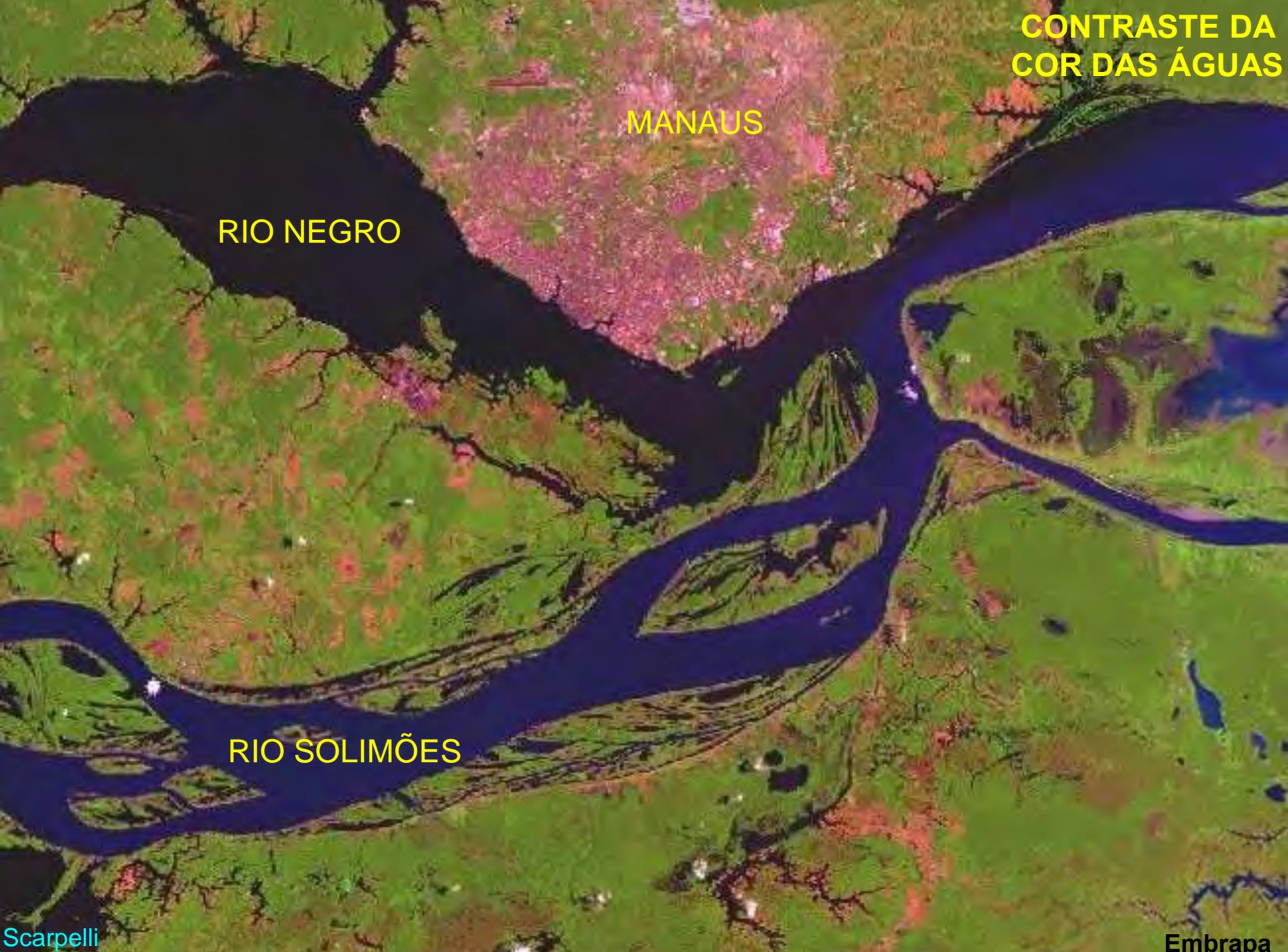
RIO MADEIRA

**CONTRASTE DA
COR DAS ÁGUAS**

MANAUS

RIO NEGRO

RIO SOLIMÕES



CONTRASTE DA
COR DAS ÁGUAS

RIO AMAZONAS

SANTAREM

RIO
TAPAJÓS

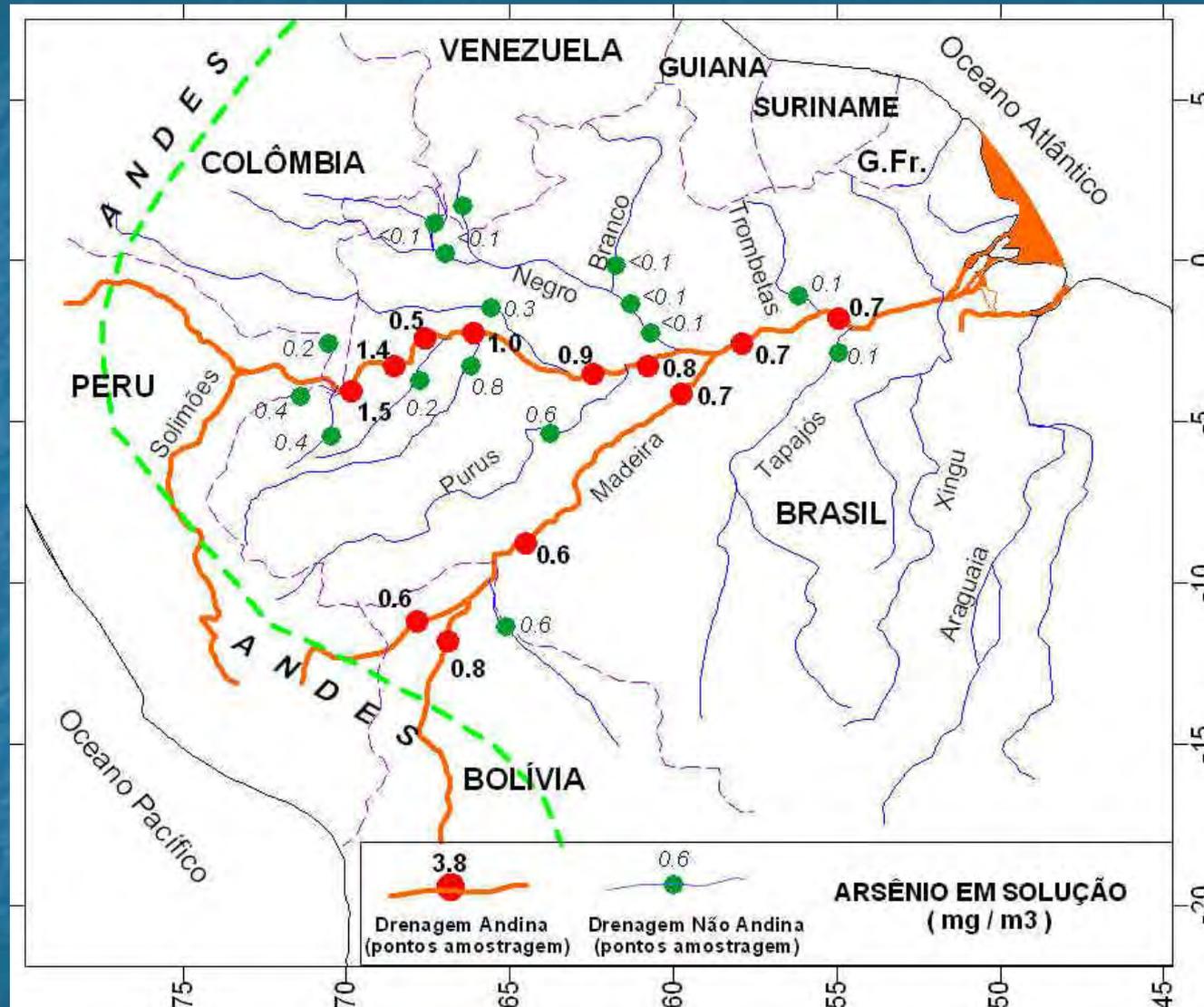


ARSÊNIO EM RIOS DA BACIA AMAZÔNICA

Dados de Seyler e Boaventura							Dados calculados				
Rio	Distância do mar (km)	Vazão medida		Teor de As em solução (mg/m ³)	Sedimentos em suspensão (g/m ³)	Teor de As nos sedimentos (g/ton)	Teor As devido aos sedimentos (mg/m ³)	Transporte de As em sedimentos (ton/dia)	Transporte de As em solução (ton/dia)	Transporte total de As (ton/dia)	Teor total de As na vazão (mg/m ³)
		Vazão (m ³ /seg)	Data								
Solimões	2.500	20.115	26/out/95	1,53	166,5	14,5	2,41	0,42	0,27	0,69	3,94
Javari		1.565	27/out/95	0,36	127,6	5,8	0,74	0,01	0,00	0,01	1,10
Itaquai		793	27/out/95	0,44	148,3	7,9	1,17	0,01	0,00	0,01	1,61
Solimões	2.200	24.251	28/out/95	1,38	74,5	15,7	1,17	0,25	0,29	0,53	2,55
Içá		5.354	31/out/95	0,15	41,4	3,5	0,14	0,01	0,01	0,01	0,29
Solimões		32.539	29/out/95	0,49	46,0	9,7	0,45	0,13	0,14	0,26	0,94
Jutai		1.143	3/nov/95	0,15	13,5	3,4	0,05	0,00	0,00	0,00	0,20
Solimões	1.900	34.333	3/nov/95	1,01	60,9	10,0	0,61	0,18	0,30	0,48	1,62
Juruá		1.045	4/nov/95	0,85	56,3	10,1	0,57	0,01	0,01	0,01	1,42
Japurá		10.264	4/nov/95	0,33	28,5	13,6	0,39	0,03	0,03	0,06	0,72
Solimões	1.380	46.847	7/nov/95	0,88	63,7	3,0	0,19	0,08	0,36	0,43	1,07
Purus		2.534	9/nov/95	0,55	38,6	3,1	0,12	0,00	0,01	0,01	0,67
Solimões	1.200	52.477	10/nov/95	0,77	127,1	2,8	0,36	0,16	0,35	0,51	1,13
Negro	1.250	64.680	12/jul/96	0,05	8,9	7,9	0,07	0,04	0,03	0,07	0,12
Beni		2.856	1/abr/94	0,83	937,0	19,9	18,65	0,46	0,02	0,48	19,48
Madre Diós		5.092	2/abr/94	0,61	424,0	10,0	4,24	0,19	0,03	0,21	4,85
Mamoré		8.391	3/abr/94	0,61	409,0	11,9	4,87	0,35	0,04	0,40	5,48
Madeira	1.950	29.000	12/abr/98	0,59	302,0	sr	sr	0,00	0,15	0,15	0,59
Madeira	1.200	5.132	15/nov/95	0,69	21,3	2,7	0,06	0,00	0,03	0,03	0,75
Amazonas	1.000	75.017	15/nov/95	0,73	46,1	81,9	3,78	2,45	0,47	2,92	4,51
Trombetas		1.258	16/nov/95	0,12	14,8	17,1	0,25	0,00	0,00	0,00	0,37
Tapajós		6.027	18/nov/95	0,11	3,5	17,7	0,06	0,00	0,01	0,01	0,17
Amazonas	650	81.090	17/nov/95	0,68	44,2	2,8	0,12	0,09	0,48	0,56	0,80

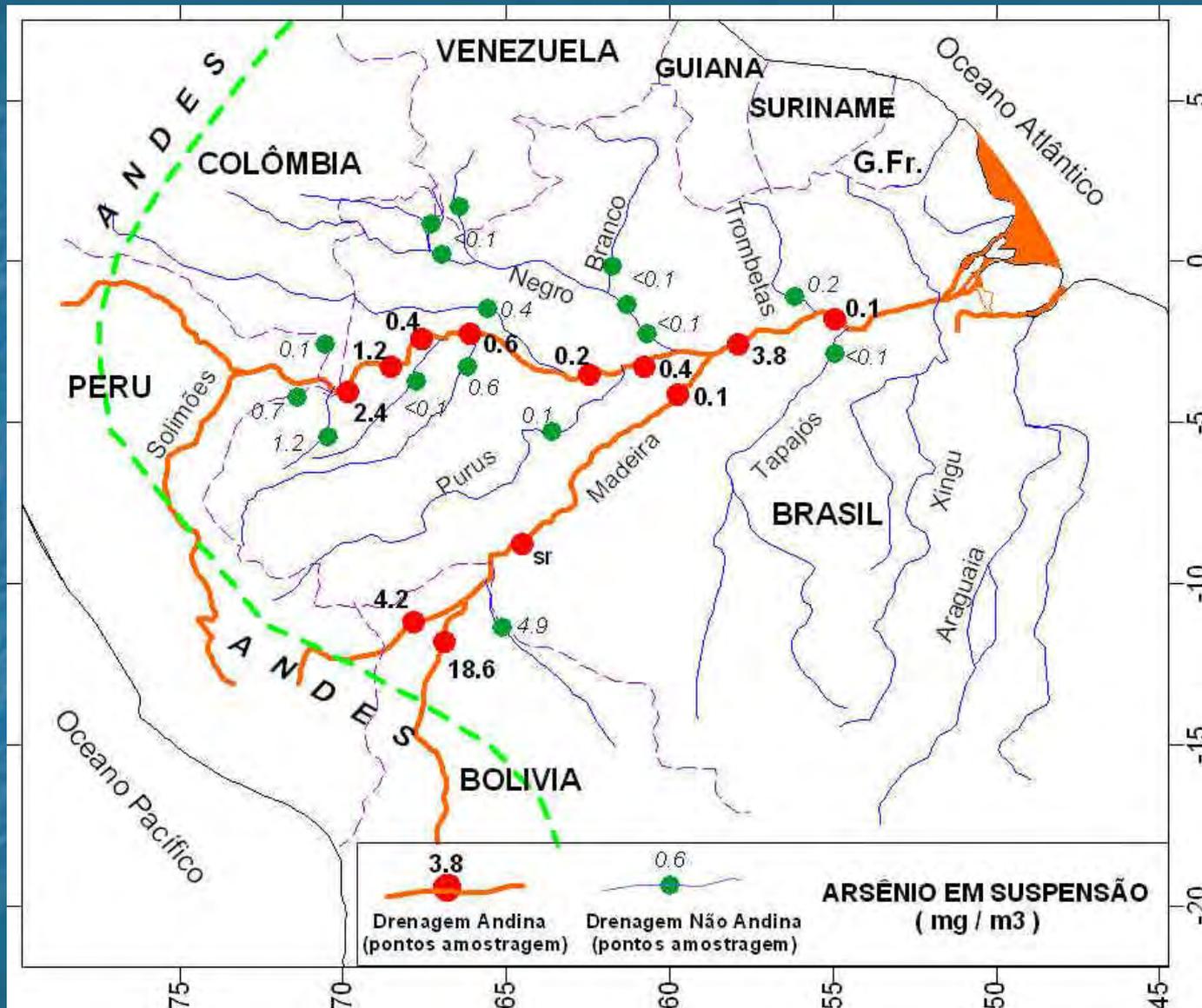
Concentrações nas formas solúveis e em suspensão, a partir das Tab. 16.1 e 16.3 de Seyler, P.T. e Boaventura, G.R., em Trace Elements in the Mainstem Amazon River, em Biogeochemistry of the Amazon Basin, Oxford Press, 2001, pag. 307-327

ARSÊNIO NA BACIA AMAZÔNICA

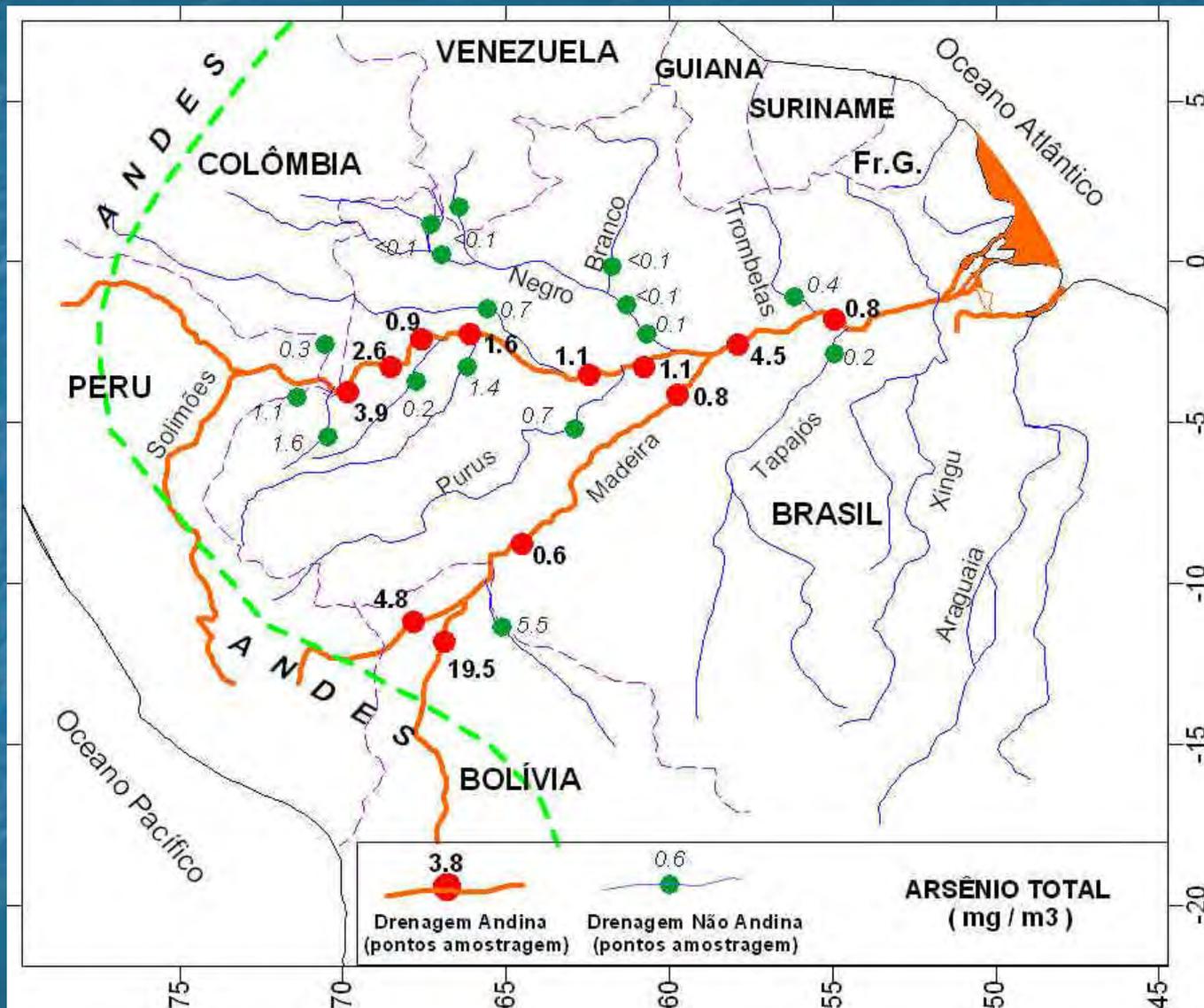


Águas originadas dos Andes apresentam maiores teores de As.

ARSÊNIO NA BACIA AMAZÔNICA



ARSÊNIO NA BACIA AMAZÔNICA



AMOSTRAGENS DO LAQUANAM E FUROS DO MULTIDISCIPLINARY AMAZON SHELF SEDIMENTARY STUDY

● Furos de amostragem onde foi observada e medida liberação de arsênio dos sedimentos.

● Amostragem e análises do LAQUANAM ($\text{mg/m}^3 \text{As}$)

● ost 3

● ost 2

● ost 1

● rtm 3

● rtm 2

● rtm 1

direção de corrente

100 km

MACAPÁ

Santana

3

6

3

67

7

8

8

16

9

9

14

BELEM

5

5

7

7

2

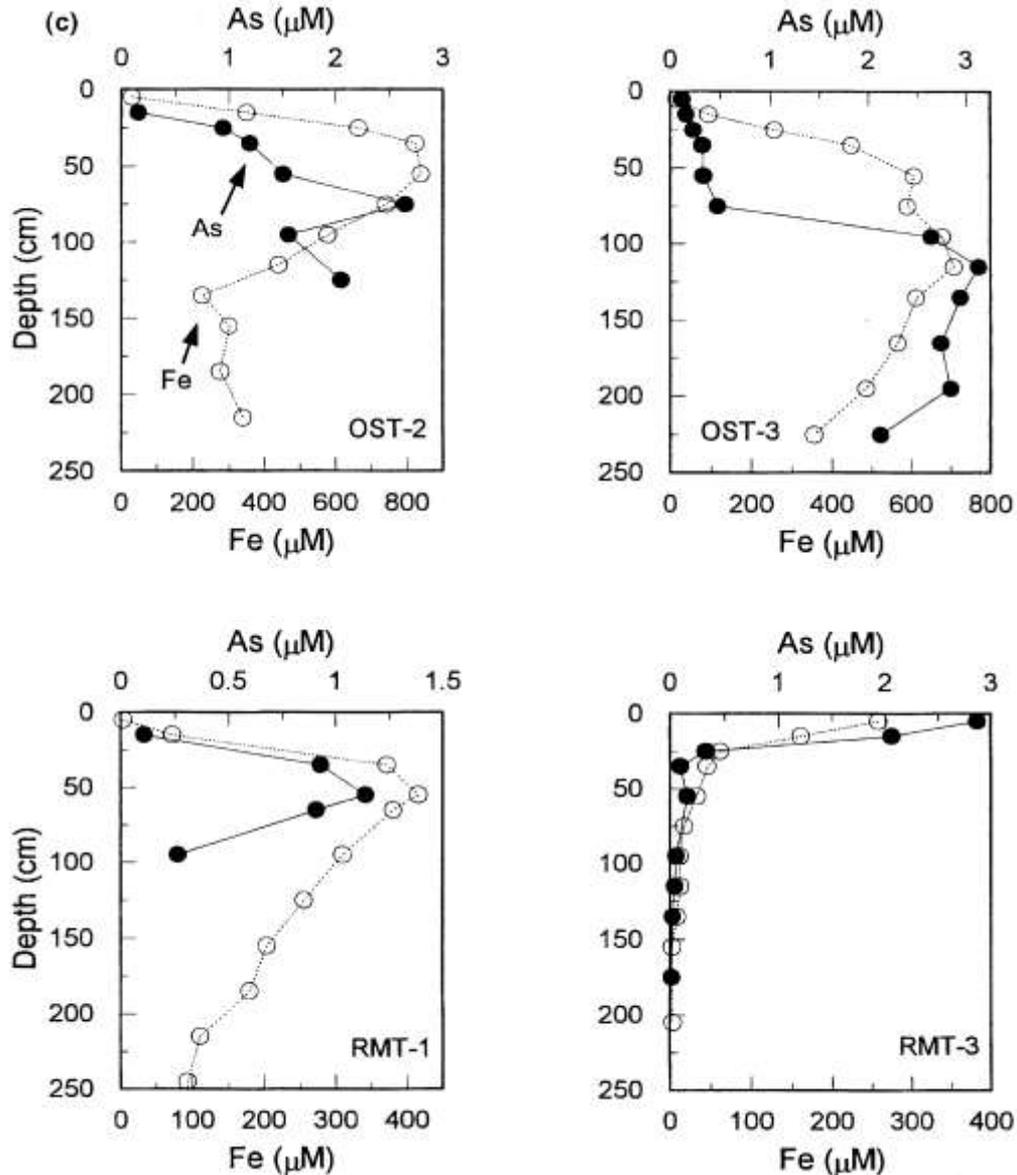
1

As AUMENTA NA ÁREA DO DELTA

O estudo mostrou que por toda a plataforma, entre 1 e 2 m de profundidade de sedimentos, há um nível rico em sulfetos e carbonatos de ferro, formado por redução dos oxi-hidróxidos de ferro depositados na plataforma. A redução libera arsênio e ferro em forma iônica, causa dos teores maiores no delta.

ARSÊNIO LIBERADO NO DELTA DO RIO AMAZONAS

Entre 1 e 1,5 m de profundidade o ambiente dos sedimentos passa a redutor e os óxidos e hidróxidos de ferro recristalizam em sulfetos e carbonatos, liberando As e Fe, que ficam nos poros sedimentares, retornando solúveis ao oceano quando há turbulência nos sedimentos.



Teores de ferro e arsênio solúveis na água dos poros dos sedimentos, em 4 furos de sondagem.

Sondagens realizadas pelo *Multidisciplinary Amazon Shelf Sediment Study*, conforme Sullivan & Allen em *Diagenetic cycling of arsenic in Amazon shelf sediments*.

ALERTA GERAL

SIMILARIDADE ENTRE AMAZÔNIA E BANGLADESH

Há similaridades entre os sedimentos provenientes dos Andes e depositados às margens dos rios amazônicos e os depositados às margens dos rios que drenam o Himalaia.

Convém estudar o conteúdo, a forma de ocorrência, a especiação e o comportamento do arsênio neles contido antes de programar uso ou consumo de água neles existente.

É importante verificar existência de condições de redução do arsênio dos óxidos e hidróxidos de ferro, de As^{5+} para As^{3+} , o que representa a principal causa dos altos teores de As solúvel observados em Bangladesh.