

**AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA POR
METAIS PESADOS
EM SANTO AMARO DA PURIFICAÇÃO - BAHIA**

CAPÍTULO V

**SELEÇÃO DOS CONTAMINANTES DE
INTERESSE**

DADOS AMBIENTAIS ANTERIORES

1. INTRODUÇÃO

Segundo Oliveira (1977), no início de suas atividades, em 1960, a usina metalúrgica de chumbo – Plumbum - produzia 5.870 t/ano de lingote de chumbo, a partir de 11.710 t/ano de minério de chumbo já pulverizado, proveniente de Boquira, a 440 km de Salvador, no Estado da Bahia. Em 1975, a produção de chumbo alcançava aproximadamente 30.000 t/ano. A Companhia Brasileira de Chumbo – COBRAC, razão social ao término das atividades da usina, em 1993, possuía capacidade de produção anual de 32.000 toneladas.

Oliveira (1977) assinala que, desde sua instalação em 1960, esta metalúrgica foi alvo de denúncias da população, principalmente rural (pecuaristas, agricultores, etc), que reclamavam dos primeiros sinais de contaminação, evidenciada pela morte de animais, inclusive bovinos e eqüinos, nas áreas adjacentes da fábrica. Por solicitação de um grupo de pecuaristas, o Dr. Hans F.K. Dittimar realizou os primeiros estudos na área, elaborando um relatório técnico, no qual responsabilizava a COBRAC pela contaminação do solo, ar e água e pela morte do gado. Nessa ocasião, foi solicitada o encerramento da fábrica, baseado na infração do Decreto nº 50.877 de 29 de junho de 1961, referente a poluição dos cursos d'água.

Desde então muitos estudos foram realizados com o objetivo de qualificar a contaminação do ambiente e a exposição humana decorrentes das emissões da usina metalúrgica. Estes estudos indicam como principais causas as seguintes:

- instalação da metalúrgica em área onde predominam ventos de baixa velocidade e constantes inversões térmicas, dificultando a dispersão e favorecendo a precipitação dos particulados na área urbana;
- proximidade da metalúrgica ao leito e áreas de inundação do rio Subaé;
- transbordamento da bacia de rejeito em períodos de altos índices pluviométricos;
- baixa vazão do rio Subaé, dificultando a diluição e dispersão dos efluentes líquidos lançados sem tratamento;
- deposição inadequada da escória em aterros, e seu reuso para construção de estradas e áreas residenciais, aumentando significativamente a contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas e da população residente nas cercanias;
- alta concentração dos metais nos manguezais do estuário do rio Subaé, contaminando moluscos que servem como base alimentar da região;
- os particulados expelidos pela chaminé da metalurgia, contaminando vegetais comestíveis, águas superficiais, solo e populações do entorno da metalúrgica;
- a indústria ter considerado a escória inócua, depositá-la sem critérios técnicos e disponibilizá-la para diversos usos.

2. FOCO PRINCIPAL

Os dados ambientais existentes sobre a área onde se localizam as instalações da Plumbum, indicam que *as águas superficiais estão contaminadas por Pb e Cd na área denominada “zona alagadiça”; os solos apresentam elevadas concentrações de Pb e Cd nos locais onde ocorre a deposição da escória e as águas subterrâneas apresentam concentrações de Pb e Cd acima dos limites vigentes, na área à jusante nas proximidades do barramento da escoria* (ANJOS, 1998).

2.1. Escória

Segundo TAVARES (1990), o minério utilizado pela usina metalúrgica era, primordialmente, minério sulfetado, PbS (galena), proveniente da mina de Boquira (composição: 68-75% Pb, 4-9% de H₂O, contendo também PbCO₃ e ZnS) e, menos freqüentemente, o minério oxidado, PbCO₃ (cerusita), da mesma procedência (composição: 45-57% Pb, 8-13% H₂O). Eventualmente, a usina metalúrgica também utilizou minério concentrado de chumbo proveniente do Canadá (composição: 55-57% de Pb, 3-6% de H₂O).

A escória resultante dos processos metalúrgicos, depois de granulada e seca, era depositada em terreno pertencente à indústria, a céu aberto. Dados constantes dos arquivos do CRA, citados por TAVARES (1990), registram a composição química média diária da escória, em 1988, como sendo: 1,93% de Pb, 19,84% de FeO, 21,32% de Cd, 29,50% de SiO₂, 0,49% de ZnO e 0,32% de S. Segundo a autora, baseada em informações da própria indústria, em 1988, a quantidade de escória estocada totalizava 1.638 toneladas.

SANTOS (1995) analisou os testes de lixiviação e solubilização da escória, realizados em laboratórios da CETESB e CEPED, para determinar o grau de periculosidade. A maior parte dos resultados revelou níveis de Pb e Cd que enquadravam a escória como resíduo classe 1 – Perigoso, segundo a norma NBR 10.004 da ABNT.

Dados levantados por CUNHA E ARAÚJO (2001) pelo Laudo Pericial, realizado entre dezembro de 2000 e junho de 2001, indicam concentração média de 5g/kg para chumbo e de 0,2 g/kg para o cádmio. Os dados reportados no Estudo Pericial não assinalam importantes componentes da garantia de qualidade, tais como, procedimentos de amostragem, metodologia analítica, limites de detecção, concentração em base seca ou úmida, etc. Esta ressalva é válida para todos os dados ambientais apresentados no Laudo Pericial assinado por CUNHA E ARAÚJO (2001).

2.2. Solo Superficial

ANJOS (1998) realizou amostragem de solo em diversas profundidades na área da usina da COBRAC. Os parâmetros analisados foram os metais chumbo e cádmio, o pH, a CTC, a MO, a textura do solo e o tipo de argila. Destes resultados, os metais e o pH nas amostras de solo superficial (0 – 10 cm) são os de maior interesse para a avaliação de risco à saúde humana e são descritos na Tabela V – 1.

Tabela V - 1: Potencial hidrogeniônico (pH), e concentrações de chumbo e cádmio em amostras de solo superficial na área da PLUMBUM.

Amostra	Pb (µg/g)	Cd (µg/g)	pH
PPS-01.01	50	1,0	8,0
PPS-02.01	1.800	38,0	8,1
PPS-03.01	2.000	27,9	8,0
PPS-04.01	8.200	117,0	8,0
PPS-05.01	< 0,5	< 0,5	---

Fonte: ANJOS (1998)

Os valores de pH encontrados situaram-se em torno de 8,0, moderadamente alcalino, característicos de vertissolos tropicais. ANJOS (1998), citando YONG et al., (1993), ressaltou a influência do pH na retenção dos metais pesados em solos argilosos e mostrando a estreita relação entre as altas concentrações de chumbo e de Cádmio e os valores alcalinos do pH. Concluindo, portanto que, para a área da PLUMBUM, os parâmetros: pH básico, altas percentagens de matéria orgânica e de capacidade de troca catiônica, presença de argila do tipo montmorilonita e a textura do solo argilosa e muito argilosa, favorecem significativamente os processos de retenção dos metais no solo.

Costa (2001) realizou amostragem de perfil de solo em um ponto na área da PLUMBUM. Na amostra coletada a 30 cm de profundidade encontrou, para chumbo, a concentração 2081 µg/g. A autora assinala que este valor é maior que o dobro da concentração máxima de chumbo no solo em área industrial, recomendada pelo New Jersey State Department of Health.

2.3. Águas Superficiais

CUNHA & ARAÚJO (2001) nos seus estudos para elaboração do Laudo Pericial realizaram análises (LABORATÓRIO ECOLABOR – SP) de chumbo e cádmio em amostras de águas superficiais em diversos pontos da área da PLUMBUM (tabela V - 2). O estudo assinala (página 58) a unidade de concentração utilizada como sendo *mg/Kg*. Acreditamos, entretanto, e assim consideraremos, que a unidade de concentração utilizada para os resultados das análises de água seja *mg/L*.

Considerando a Resolução CONAMA 20/86 para *Água Doce Classe 3* (limites: 0,05 mg/L para chumbo e 0,01 mg/L para cádmio), a maioria das concentrações encontradas estão muito acima dos limites estabelecidos.

Tabela V - 2: Concentração de Pb e Cd em amostras de água superficial em diversos pontos na área da PLUMBUM

Amostra	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	Localização
2264092	3,65	0,008	Zona alagadiça - Superficial
3375243	0,333	N.D.	Tanque de rejeito — superficial
6608470	0,73	0,13	Lagoa entre a chaminé e morro de escória
8817668	1,53	N.D.	Zona alagadiça — porção média
9931899	37,2	0,464	Tanque de rejeito - fundo com sedimentos
8820618	N.D.	0,12	Lagoa por detrás de morro de escória

Fonte: CUNHA & ARAÚJO (2001)

2.4. Águas Subterrâneas

ANJOS (1998) realizou análises de pH e dos metais Pb e Cd em amostras de água subterrânea na zona saturada da área da PLUMBUM. Para isto instalou três poços de monitoramento: um poço a montante da barragem de escória (PASB 01), e dois poços a jusante, sendo o PASB 02 na zona alagadiça, e o PASB 03 na zona de aterro. Um quarto ponto, já existente na ocasião do estudo (PASB 04), consistia de uma cisterna a jusante do aterro. A tabela V - 3 apresenta os resultados obtidos.

Tabela V - 3: pH e Concentrações de chumbo e cádmio em amostras de água subterrânea na área da PLUMBUM

AMOSTRA	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	pH
PASB-0 1	<0,05	<0,005	8,1
PASB-02	0,18	0,007	7,9
PASB-03	0,72	0,008	8,0
PASB-04	<0,05	<0,005	8,0

Fonte: ANJOS (1998)

Comparando os dados obtidos com as normas de potabilidade vigentes na ocasião (Portaria GM 36/90 do Ministério da Saúde), o autor concluiu que os resultados indicavam a contaminação por Pb e Cd nas águas subterrâneas na área alagadiça e no início da zona de aterro.

ANJOS (1998) ressaltou que as características do solo estavam sendo eficientes no processo de aprisionamento dos metais, notadamente na zona alagadiça, não permitindo sua mobilização para as águas subterrâneas.

2.5. Alimentos

CUNHA & ARAÚJO (2001) realizaram análises de chumbo e cádmio em amostras de frutas e tubérculos coletadas na área da PLUMBUM (Tabela V - 4). Segundo estes dois peritos responsáveis pelo Laudo Pericial, os vegetais no sítio da PLUMBUM apresentavam níveis de contaminação por chumbo e cádmio que excediam os limites máximos permitidos pela legislação. Esta conclusão foi baseada na Portaria 685/98 que, no entanto, não estabelece limites para os dois metais analisados em frutas e tubérculos. Aquela Portaria estabelece para leite bovino o limite de 0,05 mg/L de chumbo, que foi superado pelo resultado obtido na amostra analisada.

Tabela V - 4: Concentração de chumbo e cádmio em amostras de frutas e tubérculos coletadas na PLUMBUM.

Material	Pb (µg/g)	Cd(µg/g)	Localização
Mamão	12,5	1,91	Com casca - área da Plumbum
Jenipapo	12,7	1,94	área da Plumbum
Mandioca	15,2	2,7	Com casca — área da Plumbum
Mandioca	13,0	1,94	Sem casca — área da Plumbum
Goiaba	12,6	1,85	Com casca — área da Plumbum
Goiaba	11,9	1,87	Sem casca — área da Plumbum
Manga	12,2	1,88	Com casca — área da Plumbum
Manga	12,2	1,84	Sem casca — área da Plumbum
Leite Vaca	0,075	0,24	Área da Plumbum

Fonte: CUNHA & ARAÚJO (2001)

2.6. Outros compartimentos ambientais – Gramínea

O Estudo Pericial (CUNHA & ARAÚJO, 2001) encontrou em amostras de gramínea na área da PLUMBUM concentrações de 85,0 µg/g e de 41,3 µg/g, para chumbo e cádmio, respectivamente. As concentrações encontradas por COSTA (2001) são menores (chumbo: 30,2 µg/g e cádmio: 0,30 µg/g). A autora, citando outros estudos, sugere 1 µg/g para chumbo, e de 0,3 µg/g para cádmio, como limites para concentrações em gramíneas de áreas não contaminadas.

3. FOCO SECUNDÁRIO

3.1. Sedimentos no rio Subaé

Segundo dados de DONNIER et al. (1977) citados por CARVALHO et al. (1983), sedimentos coletados ao longo do rio Subaé apresentavam concentração média de cádmio de 23,7 ppm, variando de 0,5 a 120 ppm, peso seco.

Segundo dados citados por CARVALHO et al. (1989), durante os primeiros 20 anos de atividade, a indústria despejou no rio Subaé 250 toneladas de cádmio, sendo outras 150 toneladas lançadas ao ar. Em relação ao chumbo, não se têm dados exatos sobre a quantidade lançada no meio ambiente pela fundição.

A tabela V-5 apresenta os principais dados sobre sedimentos, nas localidades de São Brás e São Francisco do Conde, levantados pelos estudos conjuntos da CEPED/UFBa (1996), no contexto de um estudo de impacto ambiental contratado pela Petrobrás, sobre amostras de crustáceos, peixes e sedimentos coletados no mesolitoral e infralitoral da Bahia de Todos os Santos.

Tabela V - 5: Concentração de metais pesados em amostras de sedimentos do rio Subaé nas localidades de São Brás e São Francisco do Conde.

Localidade	Cd (µg/g) (peso seco)	Pb(µg/g) (peso seco)	Cu(µg/g) (peso seco)	Cr(µg/g) (peso seco)	As(µg/g) (peso seco)
São Brás	1,19	119	35,9	---	3,18
S.F.Conde	0,189	62,2	8,31	15,6	6,53

Fonte: CEPED/UFBa (1996)

Mais recentemente, CUNHA & ARAÚJO (2001), no Laudo Pericial, nas proximidades do ponto das emissões de efluentes líquidos da PLUMBUM, encontraram concentrações de 12.000 µg/g para chumbo e de 26,8 µg/g para cádmio. Os dados demonstraram que os sedimentos na área próximo ao ponto de emissão apresentam teores muito elevados para os dois metais analisados.

3.2. Biota aquática comestível

Segundo dados de DONNIER et al. (1977) citados por CARVALHO et al. (1983), amostras de ostras, siris e “sururus” coletadas no rio Subaé apresentavam concentrações de cádmio (peso seco) variando de 80 a 135 ppm, de 13 a 40 ppm e de 40 a 60 ppm, respectivamente.

Pesquisas realizadas por CARVALHO (1978) comprovaram a exposição humana pelo consumo de biota aquática contaminada. Três colônias de pescadores, residentes a diferentes distâncias da indústria no estuário do Subaé, foram estudadas como populações alvo e uma colônia de pescadores a 80 Km ao sul da

Baía de Todos os Santos foi tomada como referência. Cabelo, foi utilizado como indicador de exposição/absorção/excreção de chumbo e cádmio e excreção do ALA (ácido σ -amino levulínico) na urina como indicador de intoxicação saturnina. Concluiu-se que os pescadores da área absorveram níveis excessivos de cádmio e chumbo, mas não foi possível se estabelecer correlação entre a absorção de Cd e Pb e o consumo de pescados. Tal fato levou o Prof. Carvalho a levantar a hipótese sobre a existência de outra fonte de exposição, possivelmente o ar, atuando conjuntamente.

A UFBA (1996), no contexto de um estudo de impacto ambiental contratado pela Petrobrás, analisou amostras de crustáceos, peixes e sedimentos coletados no mesolitoral e infralitoral da Bahia de Todos os Santos. Os metais pesados analisados foram cádmio, chumbo, manganês, cobre, cromo e arsênio. Os resultados para moluscos nas localidades mais próximas de Santo Amaro abrangidas pelo estudo (São Brás e São Francisco do Conde), apesar de não caracterizarem a área de interesse, é um importante dado sobre a contaminação do rio Subaé com os metais pesados e, seguramente, um forte indicativo sobre a possível exposição humana pelos alimentos contaminados (tabela V - 6).

Tabela V - 6: Concentração de metais pesados em amostras de moluscos (*sururu*) do rio Subaé nas localidades de São Brás e São Francisco do Conde.

Localidade	Cd ($\mu\text{g/g}$) (peso seco)	Pb($\mu\text{g/g}$) (peso seco)	Cu($\mu\text{g/g}$) (peso seco)	Cr($\mu\text{g/g}$) (peso seco)	As($\mu\text{g/g}$) (peso seco)
São Brás	0,86	1,36	0,67	3,39	2,54
S.F.Conde	0,25	33,70	4,28	5,88	0,91

Fonte: CEPED/UFBA (1996)

Dados mais recentes (CUNHA & ARAÚJO, 2001), analisaram a concentração de chumbo e cádmio em amostras da biota aquática do rio Subaé. Em uma amostra de crustáceo (espécie não identificada), o Laudo Pericial resultante deste estudo não detectou a presença de chumbo e, para cádmio, foi detectada a concentração de 0,23 mg/Kg. Para a amostra de peixe analisada (espécie não identificada), foram encontradas concentrações de 1,03 mg/Kg (chumbo) e 0,19 mg/Kg (cádmio). Uma amostra de molusco (*sururu*), coletada no rio Subaé nas proximidades da localidade de São Brás detectou concentrações de 1,15 mg/Kg para chumbo. Para cádmio foi detectada a concentração de 1,06 mg/Kg, portanto, bastante inferior do que a variação de concentração encontrada nos estudos de Donnier et al. (1977)

4. FORA DO FOCO PRINCIPAL

4.1. Solo Superficial

Pedreira (1977) caracteriza o solo santamarense como acidentado em cerca de 2/3 de seu território. É constituído de massapé cretácio, de cor escura, folhelhos, arcóseos, siltitos, conglomerados/brechas, gnaisses charnockítios, diatécicos.

A contaminação dos solos na área urbana do município de Santo Amaro da Purificação foi agravada pela deposição da escória como material de base em ruas e logradouros. Segundo Costa (2001), a escória teria sido utilizada pela população na pavimentação das vias de acesso, bem como de suas casas, até 1980, uma vez que era doada livremente pela indústria e, por ser facilmente compactada e absorver pouca água, impermeabilizava bem o solo massapé, predominante na região. A autora assinala que até mesmo a Prefeitura local utilizou-se desse material na pavimentação de escolas, como lastro de pavimentação de ruas e de outros locais públicos da região.

Tavares (1990) assinalou que, em 1980, cerca de 43,0% das crianças residentes num raio de 900m conviviam com escória nas suas próprias casas. Este percentual era bastante menor (13,9%) para residentes a distâncias maiores.

Segundo Tavares (1990), a média geométrica das concentrações de chumbo no solo em distâncias de até 900m da usina, em 1980, foi de $4.415 \pm 4,4$ ppm, variando entre 32 e 107.268 ppm e a média geométrica de cádmio foi de $122,0 \pm 3,2$ ppm, com faixa de variação entre 0,4 e 335 ppm. Segundo ela, em 1985, os valores dos dois metais no solo de Santo Amaro, a < 900m, estavam bem mais baixos do que em 1980: a média geométrica de cádmio nas amostras de solo passou para $9,1 \pm 3,5$ ppm, com redução de 92,5% e variação entre 0,5 e 157 ppm. A autora creditou esta diminuição às medidas reparadoras/mitigadoras, tomadas pela indústria. Segundo seus dados, o solo urbano de Santo Amaro é do tipo argiloso e com valor de pH em torno de 5,5.

Para seus estudos, Costa (2001) coletou amostras de solo em perfis de até 15 a 60 cm em diferentes pontos distantes até 14 Km da PLUMBUM. Em uma amostra de solo superficial (0 – 15 cm de profundidade), coletada no Patronato São José, instituição localizada a aproximadamente 1 Km da usina PLUMBUM, a autora encontrou concentrações de 155 µg/g, peso seco, para chumbo e de 0,148 µg/g, peso seco, para cádmio.

Com exceção da estação Fazenda Urupi, localizada a 14 Km da PLUMBUM, todos os demais pontos amostrados apresentaram níveis de Pb e Cd acima dos valores de referência para solos não contaminados utilizados pela autora: 17 µg/g para chumbo (Petrowsky & Coleman, 1980; *apud* COSTA, 2001) e 0,4 µg/g para cádmio (Hutzinger, 1980; *apud* COSTA, 2001).

O ponto amostragem localizado no Patronato São José, apesar de não estar na direção dos vento predominantes, apresentou uma das maiores concentrações dos dois metais analisados. Segundo a autora: *“...como esperado, as estações Patronato São José e PLUMBUM foram aquelas que apresentaram os valores mais elevados de Pb, devido à proximidade da fundição, principalmente na estação PLUMBUM onde foi encontrada, à 30 cm da superfície do solo, a concentração 2081 µg/g de Pb. Este valor é maior que o dobro da concentração máxima de Pb no solo em área industrial, recomendada pelo New Jersey State Department of Health. Ela também ressalta, em relação ao cádmio, que “...com exceção da estação Fazenda Urupi, as demais apresentaram níveis também acima do estimado pelo EPA, especialmente à 30 cm do solo, sendo a estação PLUMBUM aquela que apresentou o valor mais elevado de Cd (27,6 µg/g à 30 cm do solo), superando em mais de 100 vezes o limite recomendado pelo EPA.”*

4.2. Águas Superficiais

Reis (1975), em estudos realizados quando a emissão de efluentes líquidos da usina ocorria diretamente para o rio, assinalou a contaminação das águas do rio Subaé pelas emissões da usina metalúrgica. Os valores encontrados na água, para o cátion Pb^{+2} variavam entre 0,04 a 6,18 mg/L e os para o cátion Cd^{+2} entre 0,0042 e 0,0813. O autor concluiu que os valores obtidos superavam os limites máximos para esses elementos na água, estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde - O.M.S.

Segundo Tavares (1990), a escolha da localização da fábrica contribuiu para a contaminação das águas superficiais: os corpos receptores tinham pouca capacidade de diluição e dispersão dos poluentes. A fábrica foi construída num vale do terreno, suavemente acidentado, a 290 m das margens do rio. Os efluentes líquidos eram lançados no Subaé, um rio de baixo volume de água, 1,03 m³/seg (vazão média mensal de 80% do tempo, medida a 3 km da fábrica), sem nenhum tratamento.

O CRA (2000) realizou medições sobre os níveis de contaminação no Rio Subaé. No entanto, não houve caracterização adequada da contaminação das águas, dos sedimentos, nem da biota decorrente das emissões realizadas pela Plumbum no rio Subaé. No ponto de amostragem mais próximo, localizado a algumas centenas de metros à montante do ponto da Plumbum (SB 2400), as análises dos metais pesados (cádmio, chumbo, zinco, cobre e cromo) em amostra de água apresentaram resultados abaixo de 0,01 mg/L. O próximo ponto de amostragem (SB 7900), localizado à jusante do Canal de São Brás, além de distar alguns quilômetros do ponto de emissão da Plumbum, recebe a afluição de importantes contribuintes (rios Sergi Mirim, Traripe e Pitinga).

Dados levantados pelo Estudo Pericial (CUNHA & ARAÚJO, 2001) em amostras de águas superficiais do rio Subaé e do Córrego (não denominado) que flui nas proximidades da Fazenda Mucuripe não detectaram a presença dos metais analisados (chumbo e cádmio).

4.3. Alimentos - Vegetais

Tavares e Carvalho (1992) analisaram amostras de verduras e frutas produzidas dentro do raio de 1 km da indústria. Os resultados apresentaram concentrações de chumbo de até 215 µg/g (base seca) e de cádmio de até 11,8 µg/g (base seca). As maiores concentrações foram encontradas nas verduras folhosas e, as menores, nas frutas locais (banana e laranja). Evidenciou-se uma diminuição nos níveis dos dois metais com a distância da fábrica, mas nenhuma influência foi observada no que concerne à posição em relação aos ventos predominantes. Os autores assinalaram a preocupação quanto ao consumo constante de alguns vegetais, principalmente quiabo, batata doce e aipim que poderiam ultrapassar os limites máximos de ingestão diária recomendados pela WHO/FAO. (70 µg Cd/dia/60 Kg e 430 µg Pb/dia/60 kg).

CUNHA & ARAÚJO (2001) analisaram chumbo e cádmio em amostras de banana, acerola e cana de açúcar coletadas na periferia da PLUMBUM. Somente em uma amostra de banana foi detectada a concentração de 11,0 µg/g de chumbo, sem detecção dos metais nas demais amostras.

A comparação dos resultados obtidos nos dois estudos não é impossível, já que os resultados no estudo de Tavares e Carvalho (1992) não foram individualizados, por espécie vegetal, além de não apresentar a localização de cada ponto amostrado.

4.4. Águas subterrâneas

Dados recentes que nos foram relatados pelo Eng. Maurício Dias (Secretário de Planejamento de Santo Amaro), e que servirão de base para projetos de remediação na área da COBRAC e revitalização do rio Subaé, indicam que aproximadamente 80% de todas as ruas da cidade de Santo Amaro utilizaram escória proveniente da COBRAC para construção de suas bases. Muitas residências, principalmente nas proximidades de até 1 km de distância da COBRAC (42% segundo dados de Tavares, 1990) tem suas áreas internas revestidas com escória. Afora isto, durante a visita foram localizados 19 poços artesianos de captação de água subterrânea em funcionamento na área central de Santo Amaro, onde houve utilização de escória na base de ruas e logradouros.

Anjos (1998) relatou resultados de ensaios de lixiviação em amostras de escória, realizados pelo CEPED, onde se assinala que *“os resultados das análises químicas demonstram inequivocamente que a escória é um resíduo perigoso (ABNT, 1997^a, apud Anjos). Esta conclusão é decorrente das concentrações de Pb, nos extratos de lixiviação e solubilização realizados na fração superficial do barramento da escoria.”* Ou seja, o rejeito da usina (escória) depositado na área urbana de Santo Amaro pode, através de processos de lixiviação das águas de chuvas, provocar a mobilização dos contaminantes para as águas subterrâneas.

A possibilidade de lixiviação dos contaminantes contidos na escória é maior já que medidas efetuadas na água da chuva na região revelaram características ácidas,

com valores médios de pH em torno de 4,9 (CAMPOS, 1995, *apud* Anjos, 1998). O caráter ácido destas precipitações indica a possibilidade de lixiviação e solubilização, principalmente do cádmio, induzidos pela água de chuva.

Dados do Estudo Pericial (CUNHA & ARAÚJO, 2001) em amostras de água subterrânea coletadas no poço de captação localizado no “Posto de Combustível Quatro Rodas”, no centro de Santo Amaro da Purificação, não mostraram a presença dos metais chumbo e cádmio. Estes dados, no entanto, não especificam detalhes do procedimento analítico como, por exemplo, o limite de detecção.

4.5. Compartimento atmosférico

Os dados sobre as emissões atmosféricas da PLUMBUM são escassos. Segundo Tavares (1990), nem a indústria e nem o CRA efetuavam monitoração de nenhuma espécie dos metais pesados na atmosfera do Santo Amaro.

Devido ao processo metalúrgico utilizado pela usina, o chumbo e, em menor escala, outros metais são, inevitavelmente, emitidos para a atmosfera. Tavares (1990) relatou os resultados de inspeção realizada na usina pelo CRA no ano de 1986, quando foram identificadas as seguintes deficiências que resultavam em emissões atmosféricas secundárias contendo poluentes:

- A indústria não possuía equipamento de controle das emissões atmosféricas para o setor de refino do metal, as quais eram liberadas para o ar através de uma chaminé de 12m, sem sistema de redução de poluição.
- Emissões indevidas na chaminé de 12m, a despeito da existência de um lavador *Venturi* e de um ciclone alternativo (para onde eram enviados os gases provenientes da granulação da escória, do refino pirometalúrgico e os vapores úmidos da sinterização).
- Os fumos metálicos, provenientes da operação de vazamento (preparo dos lingotes de chumbo), eram lançados diretamente na atmosfera.

A fundição e, em menor escala, o refinamento geram uma quantidade de fumos considerável. Segundo dados do CRA (1992), citados por Anjos (ANJOS, 1998), a empresa PLUMBUM admitiu ter emitido para a atmosfera, durante o período de 1960 a 1977, 400 toneladas de Cádmio, além de, durante os 33 anos de produção, lançar mensalmente, em média, 1.152 toneladas de SO₂.

Tavares (1990) relatou que as emissões aéreas eram liberadas por 9 chaminés, cada uma servindo à exaustão de etapas diferentes do processo industrial. As alturas reais destas chaminés variavam entre 9,5 e 15,5m mas, por estarem localizadas numa baixada, apresentavam uma altura em relação aos limites imediatos desta baixada de 1,8 a 3,0m.

Os dados meteorológicos da estação mais próxima, situada em São Francisco do Conde (10 km de Santo Amaro), que fica na costa do fundo da baía, registram 28% de calmaria, principalmente nas primeiras horas da manhã, assim como inversão térmica freqüente, principalmente nos meses de Junho, Julho e Agosto. Cinquenta e

oitto por cento do tempo, os ventos predominantes provêm do sudeste, com velocidade média de 1,7 m/s. Avaliando estes dados Tavares (1990) previu, para a região de baixada onde se localiza a PLUMBUM, uma circulação de ventos inferior à desta estação. Ela relatou que, adicionalmente, a indústria praticamente não dispunha de sistema de redução de gases e partículas nas suas chaminés. Apenas algumas delas possuíam precários filtros de manga, instalados em fins dos anos '70.

Segundo dados da empresa (COBRAC, 1991), somente em 1982, a fundição direcionou os gases do processo para uma casa de filtros, com três módulos de filtro de manga duplos. Cada módulo de filtro é ligado a um exaustor, enviando os gases para a chaminé de 90m. Dados citados por Tavares (1990) indicaram que o órgão ambiental baiano CEPRAN estimou uma redução de 78% na emissão de chumbo particulado, através da instalação destes filtros na empresa, prevendo uma emissão média horária de 4,5 kg/h de poeiras e fumos, sem computar as emissões fugitivas.

Em janeiro de 1989, Tavares (1990) realizou coletas seqüenciadas, por uma semana, de material particulado atmosférico, fracionado por tamanho, em dois pontos da área habitada: a 526m à montante e a 955m à jusante da chaminé de 90m da fábrica, em relação aos ventos predominantes.

Os dados obtidos indicaram níveis médios de chumbo no material particulado atmosférico (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de $2,8 \pm 1,0$ a 526m da chaminé da fundição (1,8 vezes acima do limite de qualidade dos Estados Unidos, de $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e de $0,13 \pm 0,06$ a 955m. Os níveis de cádmio correspondentes foram de $0,35 \pm 0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 526m (3,5 a 7 vezes maior do que os limites de diferentes países europeus) e de $0,036 \pm 0,037 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 955m. Pelos dados obtidos nos dois pontos de amostragem, a autora ressaltou que a direção dos ventos predominantes tem baixa influência na carga de poluentes depositada.

No mesmo estudo, a autora concluiu que as concentrações de cádmio e chumbo na atmosfera, dentro de um raio de 526m, são altas, com níveis acima dos estabelecidos como padrão de qualidade ou tolerância em diversas partes do mundo. Como dado agravante, segundo a autora, cerca de 50% das partículas nesta distância possuem diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a $1 \mu\text{m}$, portanto, com possibilidade de chegar aos alvéolos pulmonares.

Apesar de não haver analisado em seus estudos, Tavares (1990) demonstrou sua preocupação com a possibilidade de emissão de outros metais. A autora assinala a possibilidade da ocorrência de moléculas de vapor, núcleos ou resultado de reações no próprio filtro de coleta dos particulados, que não seriam retidos pelos dispositivos instalados na empresa. Citando resultados de estudos de Mojtahedi (1987), ela levantou a hipótese de que parcelas dos metais, sob a forma gasosa, proveniente da combustão, poderiam não condensar durante o resfriamento e alcançar diversas alturas da chaminé. Devido às altas temperaturas no processo metalúrgico ($700 - 900^\circ\text{C}$) metais como Cd, Hg e Pb deveriam estar totalmente volatilizados e o zinco apenas parcialmente.

4.6. Outros compartimentos

4.6.1. Gramíneas

Considerando a possibilidade de sua migração para a cadeia alimentar através da ingestão desta vegetação pelos animais, Costa (2001), analisou as concentrações de chumbo e cádmio em amostras de gramíneas. Com exceção das coletadas na área da usina da Plumbum (Pb: 30,2 µg/g; Cd: 0,30 µg/g, peso seco), os resultados nos pontos de amostragem situados até 10km de distância da usina apresentaram concentrações com baixa variação para cada metal (Pb: ~ 5 µg/g; Cd: ~ 0,30 µg/g, peso seco). Tomando como valores de referência para áreas não contaminadas (Pb: 1 µg/g; Cd: 0,3 µg/g), a autora definiu como contaminadas as gramíneas nas áreas amostradas

4.6.2. Sangue bovino

Nos seus estudos, Costa (2001) também realizou comparações entre as concentrações de chumbo e cádmio em amostras de sangue bovino de animais sacrificados em Santo Amaro (grupo exposto) e Salvador (grupo controle). Tomando como referência o valor médio de 12,2 µg/dL (média geométrica) de Pb em sangue bovino, de um estudo na região da Galícia, na Espanha, a autora relatou que a média geométrica (22,0 µg/dL) encontrada no sangue dos bois do grupo exposto em Santo Amaro foi superior em 80.3% a este valor.

4.6.3. Roupas e utensílios de trabalho

Tavares et al. (1989) reportam que, durante seus levantamentos de campo, foram informados sobre a existência de 500 peças de tecidos utilizados nos filtros de retenção das emissões de material particulado que teriam sido levados pelos trabalhadores para suas residências. Estes materiais de filtro, altamente contaminado com os metais emitidos, eram utilizados como carpetes, tapos e outros usos domésticos.

AVALIAÇÃO DOS DADOS AMBIENTAIS ANTERIORES

1. Considerações gerais

Levando em consideração os critérios da metodologia de avaliação de riscos à saúde humana da ATSDR, os dados ambientais revistos sobre a contaminação por metais pesados em Santo Amaro da Purificação apresentaram limitações que não permitiram a identificação dos contaminantes de interesse e, como consequência, não foi possível a determinação de todas as rotas de exposição.

Os dados ambientais apresentados no Estudo Pericial (CUNHA & ARAÚJO, 2001), devem ser analisados com ressalvas. Apesar de cobrirem quase todos os compartimentos ambientais e apresentarem um grande número de amostras, os dados não indicaram a localização exata dos pontos de coleta, as metodologias analíticas utilizadas, os limites de detecção, os procedimentos de garantia e controle de qualidade, nem os procedimentos de coleta. Afora isto, como os demais estudos avaliados, limitaram suas análises aos metais chumbo e cádmio. Desta forma, estes dados não atenderam aos preceitos recomendados pela ATSDR e, mesmo com estas ressalvas, foram considerados entre as fontes de informação utilizadas na avaliação de risco à saúde humana em Santo Amaro da Purificação.

Os dados ambientais na área da PLUMBUM são numerosos, geralmente, de boa qualidade e sobre a maioria dos compartimentos. No entanto, não cobrem todos os contaminantes de interesse (metais pesados) contidos na matéria prima (concentrado de minério de chumbo proveniente de Boquira e importado), bem como os emitidos durante o processo metalúrgico.

Grandes emissões de **zinco** para a atmosfera já haviam sido constatadas pela CEPRAM (CEPRAM, 1980): *...”a existência de grande deposição de poeira com elevados teores de metais pesados (chumbo, cádmio e zinco) nos telhados das casas e na vegetação existente nas circunvizinhanças da fábrica”.*

Neste documento do CEPRAM também se constatou que *“...a análise da poeira e água de chuva coletada nos telhados das residências próximas à COBRAC tem revelado altíssimas concentrações de chumbo, cádmio e zinco na forma solúvel. Ressalta-se que as névoas de ácido sulfúrico formadas a partir dos óxidos de enxofre emitidos podem estar contribuindo significativamente na solubilização dos metais pesados depositados”.*

O minério de chumbo utilizado pela PLUMBUM (**galena**) é, como todo minério sulfetado, rico em arsênio e mercúrio.

Em relação ao **mercúrio**, não se tem indicativos sobre sua presença nos concentrados de minério manipulados em Santo Amaro. No entanto, a presença deste contaminante – pelo menos no minério de Boquira – foi constatada pelas

preocupações externadas por Anjos (1998) na sua dissertação de mestrado, onde recomenda a realização de "... análises sobre a contaminação dos metais pesados - Zinco (Zn), Arsênio (As) e Mercúrio (Hg) - na escória, solo e águas, tendo em vista que estes metais apresentam concentrações elevadas nos rejeitos do beneficiamento do minério de Boquira".

Apesar de não haver analisado outros metais em seus estudos, Tavares (1990), demonstrou sua preocupação com a possibilidade de emissão de outros metais. Citando resultados de estudos de MOJTAHEDI (1987), ela levantou a hipótese de que parcelas dos metais, sob a forma gasosa, proveniente da combustão, podiam não condensar durante o resfriamento e alcançar diversas alturas da chaminé. Devido às altas temperaturas no processo metalúrgico (700 – 900°C) metais como Cádmiio, mercúrio e chumbo deveriam estar totalmente volatilizados e o zinco apenas parcialmente.

Com relação ao mercúrio, não mais citado em nenhum outro estudo, existem fortes indícios das emissões atmosféricas deste metal durante todo o período de funcionamento da fundição, pois os procedimentos utilizados para coibir as emissões para a atmosfera não eram eficazes para a retenção deste metal.

Em relação ao **arsênio**, sua presença nas emissões é indiscutível. Durante a visita às instalações da PLUMBUM, o Sr. Alberto Muniz, antigo gerente da produção, informou sobre o alto teor de arsênio dos concentrados de minério, tanto nacional de Boquira como dos importados, utilizados até o encerramento das atividades da usina. O Sr Alberto nos confirmou as avaliações iniciais sobre fortes emissões de arsênio durante o período de funcionamento da usina metalúrgica.

As emissões se davam principalmente na etapa de ustulação, fato comprovado por documentação da CEPRAM (1977), que assinala: *A sinterização tem os seguintes objetivos: (1) remover o enxofre na forma de SO₂ e SO₃; (2) eliminar, por volatilização, impurezas indesejáveis como arsênico, antimônio e cádmio; (3) produzir um material de tamanho e resistência adequada para a fusão no forno de cuba.* Os equipamentos para retenção dos metais (*scruber e ciclone*, até 1977; e acréscimo de filtros de manga e abate úmido, após 1982 e até o encerramento das atividades da usina em 1993) eram ineficazes na retenção destes poluentes.

Por outro lado, os membros da equipe da perícia realizada por solicitação da Meritíssima Juíza Ana Maria Lacerda, do Fórum de Santo Amaro da Purificação, Engenheiro José Fernando dos Santos (Perito pelo Juízo), Fernando Martins Carvalho (Assistente Técnico pelo Ministério Público) e Vânia Campos Rocha (Assistente Técnica pelo Ministério Público), respondendo sobre os poluentes lançados na atmosfera pela COBRAC, assinalam...." *Juntamente com os gases são lançados materiais particulados (poeira e fumos) para a atmosfera nos seguintes pontos: através da chaminé principal há emissões residuais de pós, depois da passagem pelo filtro de mangas, pela chaminé do forno de fusão, quando do surgimento de problemas operacionais/ocorrências de fagulhamento; pela chaminé do lavador Venturi, decorrente da baixa eficiência de lavagem dos gases.* Os

principais elementos presentes nos materiais particulados potencialmente capazes de produzir efeitos adversos à saúde da população circunvizinha e para o meio ambiente são: chumbo, zinco, cádmio, arsênio e antimônio.

As lacunas nos dados existentes, caso não tivessem sido preenchidas com a realização de análises complementares, seriam apontadas no relatório de avaliação de risco à saúde, resultando num documento que não poderia ser conclusivo.

2. Avaliação dos dados anteriores por compartimento ambiental

2.1. Compartimento atmosférico

Os dados sobre emissão para os compartimentos atmosféricos foram realizados no local de trabalho, pela própria empresa através de filtros individuais nos trabalhadores (PENA, 1994; Tavares (1990). As medições realizadas pela PLUMBUM, além das limitações da metodologia utilizada, somente realizava medições de chumbo. Os estudos de Tavares (1990), apesar de muito bem estruturados e com rigor metodológico, medindo inclusive variáveis como a granulometria do material particulado emitido, também apresentam lacunas para a determinação dos contaminantes de interesse.

Além de não analisar todos os contaminantes de potencial interesse (mercúrio, arsênio, cobre, zinco e antimônio), TAVARES (1990) realizou amostragens somente em dois pontos: um a 900m da COBRAC, à jusante, e outro a 500m, à montante da direção dos ventos dominantes.

2.2. Águas superficiais

O CRA (2000) realizou medições sobre os níveis de contaminação no rio Subaé. No entanto, não houve caracterização adequada da contaminação das águas, dos sedimentos e da biota decorrente das emissões realizadas pela PLUMBUM no rio Subaé.

Dos pontos amostrados de maior interesse pela localização, somente o ponto à montante da usina (aproximadamente 500m antes da emissão de seus efluentes) oferece uma referência para avaliação. O outro ponto de interesse, no rio Subaé, após a derivação que forma o canal de São Brás, além de distar alguns quilômetros do ponto de emissão da Plumbum, recebe a afluência de importantes contribuintes (rios Sergi Mirim, Traripe e Pitinga), resultando em grande diluição dos contaminantes. Esta amostragem, foi realizada no ano de 2000, sete anos após o encerramento das atividades da usina, portanto, não são um bom indicador das condições de contaminação do rio Subaé.

O único estudo sobre a contaminação no rio Subaé durante o período de emissões pela Plumbum foi realizado por Reis (REIS, 1975). Este estudo determinou a concentração de chumbo e cádmio solúveis em 10 pontos de amostragem: cinco pontos no interior da própria usina, um ponto à montante à 2 km da usina e quatro

pontos à jusante da usina, ao longo do rio Subaé até poucos quilômetros da sua foz na Baía de Todos os Santos. As coletas para cada ponto foram realizadas em diferentes ocasiões e condições de maré e de funcionamento da usina.

É interessante salientar que, segundo os resultados obtidos por REIS (1975), mesmo no ponto de amostragem localizado à montante da usina, foram detectadas concentrações de chumbo em média de 0,24 mg/L, duas vezes superior ao limite então estabelecido pela OMS. O autor atribui este fato às marés e também à contaminação pelas emissões atmosféricas.

Os estudos de Reis (1975) são um importante dado histórico sobre a contaminação das águas do rio Subaé devido às emissões da PLUMBUM. No entanto, pelo fato de ter sido medidas unicamente as concentrações de Pb^{+2} e Cd^{+2} **solúveis** nas águas do rio Subaé (não avaliando as concentrações destes metais no material particulado, nem nos sedimentos) estes dados são insuficientes para a avaliação de risco, segundo os critérios da ATSDR.

2.3. Solo

Na área da PLUMBUM existem dados de caracterização de solo - superficial e perfis - suficientes e de boa qualidade, ressaltando-se o fato de limitarem-se somente aos contaminantes cádmio e chumbo. Os resultados obtidos por Anjos (1998), concentrações de até 8.200 ppm para Pb e 117,0 ppm para Cd, representam valores muito acima das concentrações estabelecidas por diversos países no mundo para valores de intervenção para áreas industriais e indicam a necessidade de algum tipo de remediação para a área.

Além de não incluir todos os contaminantes de interesse, analisando somente cádmio e chumbo, o estudo realizado por Costa (2001), foi de grande importância para se determinar sua dispersão. A amostragem, seguindo a direção dos ventos predominantes, não incluiu a área urbana, densamente povoada e de maior interesse quanto às possíveis rotas de exposição humana. Mesmo assim, o único ponto amostrado na área urbana estava localizado no Patronato São José, distante aproximadamente 1 km da PLUMBUM e na direção contrária dos ventos predominantes, apresentou uma das maiores concentrações dos dois metais analisados.

Apesar de não caracterizar todos os contaminantes de interesse, os estudos realizados por Tavares (1990) são mais interessantes quanto à caracterização dos solos em áreas urbanas, já que analisou amostras de solo em residências localizadas a até 900m da usina. Ela reportou naquele estudo: “... a *média geométrica das concentrações de chumbo no solo (PbS) a < 900 m, em 1980, foi de $4.415 \pm 4,4$ ppm, variando entre 32 e 107.268 ppm e a média geométrica de cádmio foi de $122,0 \pm 3,2$ ppm, com faixa de variação entre 0,4 e 335 ppm*”. A não localização exata de cada ponto de amostragem dificultou a avaliação dos dados e sua comparação com resultados recentes.

2.4. Alimentos

Pesquisas realizadas por Carvalho (1978), comprovaram a exposição humana pelo consumo da biota aquática contaminada. O autor concluiu que os pescadores da área absorveram níveis excessivos de cádmio e chumbo, mas não foi possível correlacionar a absorção de Cd e Pb com o consumo de pescados. Isto levantou a hipótese sobre a existência de outra fonte de exposição, possivelmente o ar, atuando conjuntamente.

Estudos em moluscos (UFBA, 1996), nas localidades São Brás e São Francisco do Conde representaram um importante dado sobre a contaminação do rio Subaé com os metais pesados e, seguramente, um forte indicativo sobre a possível exposição humana pelos alimentos contaminados. Com exceção do chumbo, os demais metais pesados analisados assinalam uma clara tendência de maiores concentrações ao longo da direção de fluxo do rio Subaé ou, seja de São Brás para São Francisco do Conde.

Em relação aos vegetais comestíveis, Tavares e Carvalho (1992) preocuparam-se principalmente com concentrações elevadas nas verduras folhosas e, as menores, nas frutas locais (banana e laranja). Foram realizadas somente análises de chumbo e cádmio nas amostras coletadas. A não localização de cada amostra com seus respectivos resultados impede a avaliação e comparação com resultados recentes.

Apesar dos dados produzidos para o Laudo Pericial (CUNHA & ARAÚJO, 2001), não atenderem aos requisitos exigidos pela metodologia de avaliação de risco da ATSDR, apresentam dados recentes sobre a concentração de metais pesados em frutas da área da usina. Aquele Estudo Pericial concluiu: “...*Os frutos, vegetais e águas superficiais contidas no sítio da Plumbum apresentam níveis de contaminação por chumbo e cádmio que excedem os limiares máximos permitidos pela legislação.*” Por outro lado, o mesmo Estudo Pericial também assinalou que “...*As frutas coletadas em áreas circunvizinhas à Plumbum não apresentaram quaisquer contaminações por chumbo ou cádmio*”.

Limitando a avaliação dos dados somente aos contaminantes chumbo e cádmio, os resultados dos dois estudos acima citados indicaram que os alimentos porventura produzidos na área da PLUMBUM continuam contaminados. Por outro lado, observou-se com os dados obtidos pelo Estudo Pericial que os alimentos em áreas vizinhas, fora da usina, não apresentaram concentrações de risco, para os metais chumbo e cádmio, para consumo humano.

Nos mesmos pontos onde realizou suas coletas de solo, Costa (2001) também analisou chumbo e cádmio em amostras de gramínea. Em todos os pontos de coleta a concentração de chumbo estava acima do limite proposto para áreas não contaminadas (1,0 µg/g Pb - Pictrowsky & Coleman, 1980, *apud* Costa). A concentração de chumbo em amostra de gramínea coletada no único ponto na área urbana – Patronato São José, 4,13 µg/g Pb) estava, portanto, 4 vezes acima do limite.

Segundo Costa (2001), o teor de cádmio no ponto de amostragem Patronato São José (0,635 µg/g Cd peso úmido e 0.754 µg/g Cd peso seco), deve ser relacionado à áreas contaminadas. Também, citando Hutzinger (1980), estimou entre 0,03 e 0,3 ppm (0,03 – 0,3 µg/g, peso seco) a faixa normal de concentração de Cádmio em gramínea e entre 0,6 e 40 ppm (0,6 - 40 µg/g peso seco) a faixa esperada em ambientes contaminados.

2.5. Sedimentos

Os dados levantados pelos estudos conjuntos da CEPED/UFBA, em amostras de crustáceos, peixes e sedimentos coletados no mesolitoral e infralitoral da Bahia de Todos os Santos, incluíram análises de cádmio, chumbo, manganês, cobre, cromo e arsênio. Ou seja, apesar de conter a maioria dos contaminantes de interesse – com exceção de antimônio, zinco e mercúrio -, as amostragens não consideraram os sedimentos do rio Subaé na área de Santo Amaro da Purificação.

De qualquer maneira, é interessante avaliar os resultados das concentrações dos metais pesados nas localidades de São Braz e São Francisco do Conde, que estão sob influência direta dos sedimentos carregados pelo rio Subaé.

Há de se notar que, com exceção do arsênio, todos os demais metais diminuem de concentração entre os pontos de coleta de São Brás para São Francisco do Conde, com forte indício dos fluxos carregados pelas águas do rio Subaé. Por outro lado, é muito importante salientar a presença de arsênio em altas concentrações, tanto nas amostras de sedimentos como de crustáceos nas duas localidades. Isto reforça a hipótese deste metal como um dos contaminantes de interesse a ser analisado.

2.6. Águas Subterrâneas

A utilização da escória contaminada com metais como base de ruas, logradouros e residência em grande parte da área urbana central de Santo Amaro da Purificação, as características ácidas das precipitações e do solo, bem como a captação destas águas para consumo humano, justifica a avaliação das águas subterrâneas, principalmente em áreas onde sabidamente se utilizou a escória.

Os resultados dos estudos apresentados no Laudo Pericial (CUNHA. & ARAÚJO, 2001), além de se limitar à análise dos metais chumbo e cádmio, se basearam em duas amostras coletadas em um mesmo ponto (Posto Quatro Rodas). Este é o único dado disponível sobre a qualidade das águas de captação subterrânea na área urbana de Santo Amaro da Purificação.

3. Conclusão sobre a avaliação dos dados existentes

Pelas avaliações dos dados anteriores apresentadas, observa-se a necessidade de produção de dados sobre os compartimentos ambientais em quantidade e qualidade adequadas aos critérios da metodologia de avaliação de riscos da ATSDR, considerando todos os potenciais contaminantes de interesse.

Sendo assim, para a definição dos contaminantes de interesse e das prováveis rotas de exposição, foram necessárias as amostragens e análises para os seguintes metais: cádmio, chumbo, arsênio, zinco, cobre, mercúrio, níquel e antimônio.

3.1. Solo Superficial

Como se observou nas avaliações acima existiu a necessidade da realização de coleta e análise de solo superficial na área da PLUMBUM, bem como em áreas fora do sítio, principalmente na área urbana de Santo Amaro.

3.2. Sedimentos

Foram necessárias a coleta e análise de sedimentos no rio Subaé à montante da usina e à jusante, desde os manguezais em Santo Amaro até a foz do rio Subaé na cidade de São Francisco do Conde. As amostras nos manguezais, áreas de remanso reconhecidas como propícias para a deposição do material particulado em suspensão e *habitat* natural para os moluscos, devem se coletadas em profundidade superficial (0 – 5 cm) e subsuperficial (5 – 10 cm).

3.3. Alimentos

Vegetais – Foram necessárias a amostragem e análise de alimentos vegetais nas imediações da COBRAC (até 1 Km da usina).

Moluscos - Foram necessárias a amostragem e análise de moluscos ao longo do rio desde o início dos manguezais em Santo Amaro até sua Foz na cidade de São Francisco do Conde.

Leite e carne - Foram necessárias a amostragem e análise de leite e carne produzidos nas imediações de Santo Amaro, principalmente nas áreas mais prováveis de contaminação pelo material particulado suspenso das emissões atmosféricas, determinadas pela direção dos ventos predominantes. A amostragem de carne bovina deve ser realizada de animais que tenham crescido se alimentando de pastagens da região (até 5 Km da usina).

3.4. Água Subterrânea

Foram necessárias a amostragem e análise de água subterrânea em pelo menos 5 dos poços existentes na área urbana de Santo Amaro, principalmente nas áreas onde houve deposição da escória.

3.5. Poeira domiciliar

Foi necessária a amostragem e análise de poeira domiciliar na área urbana de Santo Amaro, principalmente nas residências mais próximas – até 1 km – da PLUMBUM. Nesta amostragem, apesar dos resultados de concentração de metais pesados não poder ser utilizada nos cálculos de exposição (inexistência de relação entre concentração de metais e volume de ar que possibilitem cálculos de inalação), as concentrações de contaminantes em poeira domiciliar podem indicar processos de poluição pretérita. A poeira amostrada, depositada em locais de maior altura (acima de 2 metros), recônditos, de difícil acesso para os procedimentos de limpeza, são geralmente indicativos de acúmulo deste material no decorrer de vários anos. A escolha das residências amostradas, mais antigas e que não tenham sofrido reformas, pode indicar a existência de poeira acumulada em décadas.

DEFINIÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE

1. INTRODUÇÃO

As emissões de metais pela PLUMBUM, ocorreram na forma de material particulado expelido através da chaminé; efluentes líquidos despejados diretamente no rio Subaé ou por transbordamento da bacia de rejeito; águas de drenagem da área de estocagem de escória e, especialmente; a escória, considerada inócua pelo empreendedor e utilizada pela população e Prefeitura de Santo Amaro para os mais diversos fins. A figura V-1 apresenta as emissões de metais pesados pela empresa em Santo Amaro da Purificação.

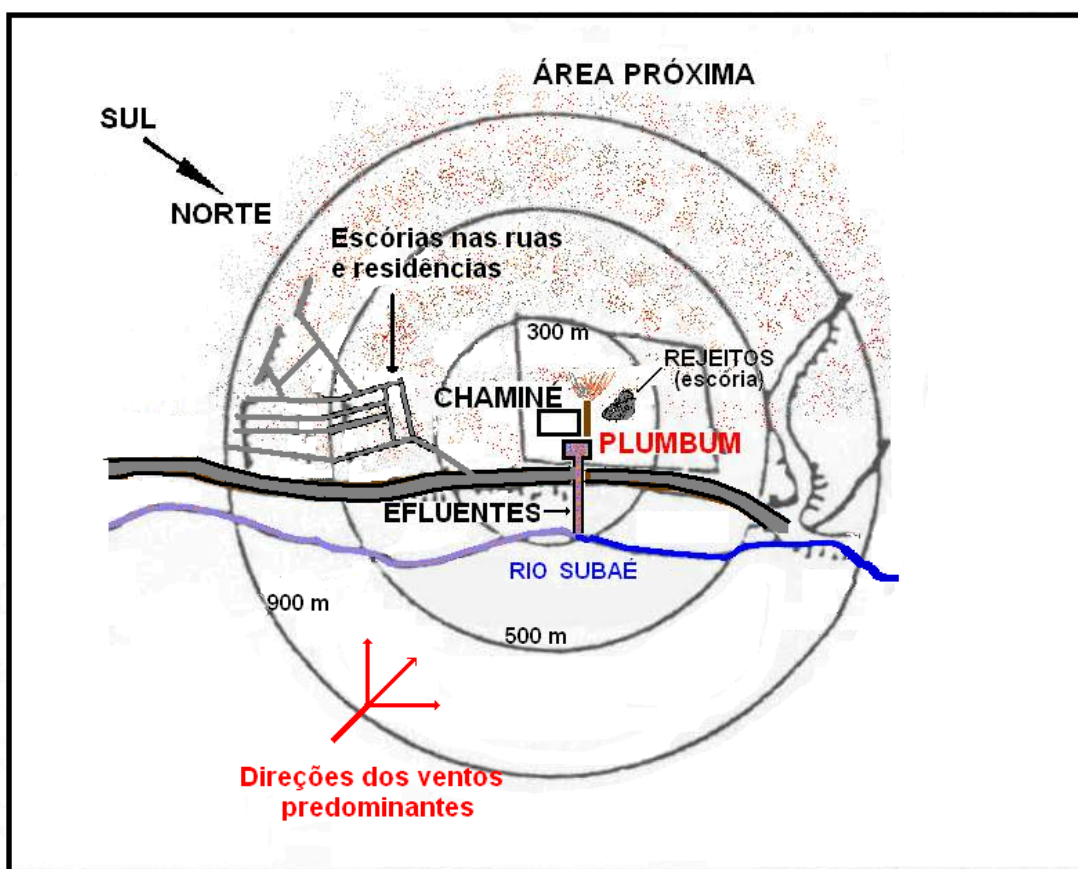


Figura V - 1: Contaminação atmosférica, do solo, das águas e da biota pelas emissões da metalúrgica PLUMBUM em Santo Amaro da Purificação – Ba.

Os dados oriundos de diversas fontes e disponibilizados pela Fundação Nacional de Saúde (Funasa) referentes à contaminação por metais pesados provocada por usina metalúrgica de chumbo PLUMBUM, no município de Santo Amaro, apresentam limitações quanto aos critérios da metodologia de avaliação de risco à saúde humana da ATSDR.

Os resultados dos estudos ambientais de matrizes coletadas na área da usina, e fora dela, são numerosos, cobrindo quase todos os compartimentos ambientais e, geralmente, de boa qualidade. No entanto, os estudos não consideram todos os contaminantes de interesse para o estudo de avaliação de risco à saúde humana, segundo a metodologia adotada. Devido a isto, foi necessário a produção de novos dados ambientais para diversos compartimentos, contendo a análise de todos os potenciais contaminantes de interesse. Na avaliação dos resultados das análises laboratoriais, levando em conta o princípio da precaução, considerou-se a maior concentração de cada metal encontrada nos respectivos compartimentos ambientais analisados.

O planejamento, metodologias, procedimentos e protocolos de amostragem para cada compartimento ambiental avaliado são apresentados no ANEXO V-1. Os laudos das análises laboratoriais, as metodologias analíticas utilizadas, bem como os procedimentos de controle de qualidade, são apresentados no ANEXO V-2. As tabelas comparativas dos resultados dos laboratórios de análise, que permitem a garantia de qualidade dos dados, são apresentados no ANEXO V-3.

2. NO LOCAL DO RESÍDUO – PLUMBUM - FOCO PRINCIPAL

Vários estudos realizaram amostragem e análise em compartimentos ambientais na área das instalações da PLUMBUM, doravante considerada o foco principal dos contaminantes.

Dados de exposição via contato dérmico, inalação e ingestão, principalmente da população trabalhadora não puderam ser resgatados. Os únicos dados, sobre emissão atmosférica no ambiente de trabalho – somente de chumbo – podem ser deduzidos das análises deste metal realizada com “kits” individuais. No entanto, mesmo estes dados são limitados e não devem apresentar a real situação de exposição a que estavam sujeitos os trabalhadores, principalmente os da produção.

2.1. Solo Superficial no Foco Principal

2.1.1. Valores de referência

Como valores de referência, optou-se pela utilização das normas estabelecidas pela legislação holandesa para solos em áreas residenciais. A explicitação da legislação holandesa para solos contaminados, a seguir, foi extraída do *Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas* da CETESB (1999).

A partir do conceito de multifuncionalidade do solo estabelecido em 1987, por meio da promulgação da Lei de Proteção do Solo (*Soil Protection Act*) pelo governo federal holandês, o Ministério de Planejamento Territorial e Meio Ambiente da Holanda (VROM), em atendimento a essa lei, publicou em 1994 a proposta de valores de qualidade do solo e da água subterrânea.

A característica principal dessa proposta é a criação de três valores distintos (STI) de qualidade para os compartimentos ambientais citados, ou seja:

Valor de intervenção (I): indica um nível de qualidade do solo acima do qual existem riscos para a saúde humana e para o ambiente. A ultrapassagem desse valor (média) em um volume de solo de 25 m³ ou em 100 m³ de água subterrânea, indica a necessidade de implementação na área avaliada de ações voltadas para a sua remediação.

Valor de alerta (T): é um valor médio entre o **S** e **I**. Ele indica que já ocorreu uma certa alteração que diminuiu, ainda que pouco, as propriedades funcionais do solo, sendo necessária uma investigação detalhada na área para quantificação dessa alteração.

Valor de referência (S): indica um nível de qualidade do solo e da água subterrânea que permite considerá-los “limpos”, considerando-se a sua utilização para qualquer finalidade. O valor de referência para as substâncias naturalmente presentes no solo, utilizou-se o valor de background (valores naturais ou devido à contaminação difusa pela atmosfera) como ponto de partida. Para esse propósito, os maiores valores naturais encontrados para os metais foram adotados. Para outras substâncias, o valor **S** foi calculado tomando-se por base um risco desprezível para saúde humana e para o ambiente.

Devido às características do solo em Santo Amaro da Purificação, já descritas no item dados anteriores, foi decidido utilizar para os solos na área da PLUMBUM o **valor de intervenção (I), considerando-se um teor de argila de 25,0% e de matéria orgânica de 10,0%**. Os valores de referência da legislação holandesa para solos com estas características são apresentados na tabela V - 7.

Tabela V - 7: Valores referenciais (Holanda) para solo, considerando-se um teor de argila de 25,0% e de matéria orgânica de 10,0%.

PARÂMETRO	Concentração em peso seco (mg/Kg)		
	S	T	I
Arsênio	29,0	42,0	55,0
Cádmio	0,8	6,4	12,0
Cobre	36	113	190
Chumbo	85	308	530
Mercúrio	0,3	5,2	10,0
Níquel	35	123	210
Zinco	140	430	720

Fonte: CETESB (1999)

2.1.2. Solo Superficial no Foco Principal - dados anteriores e recentes

Na avaliação dos dados, levando em conta o princípio da precaução, considerou-se a maior concentração de cada metal encontrada nos respectivos compartimentos ambientais analisados.

Segundo os dados avaliados pela equipe, somente Angelo (1998) realizou amostragem e análise de solo superficial na área da PLUMBUM. Os metais analisados foram cádmio e chumbo. As concentrações máximas encontradas foram de 8.200 µg/g para chumbo e de 117 µg/g para cádmio. Estes resultados estão acima dos valores de intervenção da legislação holandesa.

No ANEXO V 2/1, são apresentados os resultados das análises em amostras de solo superficial na área da PLUMBUM e na tabela V-8 abaixo, sua comparação com os valores de referência e a determinação dos contaminantes de interesse.

Tabela V - 8: Definição dos contaminantes de interesse em solo superficial na área da Plumbum, Santo Amaro da Purificação-BA, 2003.

PARÂMETRO	Concent Minima (mg/Kg)	Concentr Máxima (mg/Kg)	Média Aritmética (mg/Kg)	I ¹ (HOLANDA)	CONTAMINANTE DE INTERESSE?
Antimônio	ND	ND	ND	-----	NÃO
Arsênio	ND	ND	ND	55,0	NÃO
Cádmio	ND	15,4	3,1	12,0	SIM
Chumbo	31,6	3050	810	530	SIM
Cobre	25,6	102	46,4	190	NÃO
Mercúrio	0,464	0,685	0,18	10,0	NÃO
Níquel	16,0	27,0	16,7	210	NÃO
Zinco	0,05	7800	68,3	720	SIM

Fonte: AMBIOS (2003)

Observações:

1- Valor limites para intervenção, segundo a legislação holandesa para solos residenciais

ND – Não detectado com a metodologia analítica utilizada

Levando-se em consideração a comparação dos resultados com os valores de Intervenção, estabelecidos pela legislação holandesa, os metais **cádmio, chumbo e zinco** são **contaminantes de interesse** presentes no foco principal, ou seja, na área da PLUMBUM.

2.2. Águas Superficiais

2.2.1. Valores de referência

Como valores de referência para avaliar a qualidade das águas na área das instalações da PLUMBUM – Foco Principal – foram utilizados os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 1.469/2000 do Ministério da Saúde

2.2.2. Avaliação dos dados

O Estudo Pericial (CUNHA & ARAÚJO, 2001) detectou em amostras de águas superficiais na área da PLUMBUM concentrações máximas de 37,2 mg/L para chumbo e de 0,46 mg/L para cádmio. Estas concentrações estão acima dos valores de referência adotados e devem ser considerados **contaminantes de interesse para águas superficiais** na área das instalações da PLUMBUM.

2.2.3. Rotas de exposição

Não foram observadas rotas de exposição humana para as águas superficiais na área da PLUMBUM.

2.3. Águas Subterrâneas

2.3.1. Valores de referência

Como valores de referência para avaliar a qualidade das águas na área das instalações da PLUMBUM foram utilizados os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 1.469/2000 do Ministério da Saúde.

2.3.2. Avaliação dos dados

Angelo (1998), buscando reconhecer tendências de contaminação dos metais chumbo e cádmio, realizou amostragem da água subterrânea na zona saturada da área da PLUMBUM. Os resultados obtidos indicam concentrações máximas de 0,72 mg/L para chumbo e de 0,008 mg/L para cádmio. Estas concentrações estão acima dos valores de referência estabelecidos pela Portaria 1.469/2000 do Ministério da Saúde e, portanto, os metais **chumbo e cádmio** devem ser considerados **contaminantes de interesse para águas subterrâneas** na área das instalações da PLUMBUM.

2.4. Alimentos

2.4.1. Vegetais

2.4.1.1. Valores de referência

Para avaliação dos dados existentes sobre contaminantes em vegetais alimentícios na área da PLUMBUM foram utilizados os valores limites da Portaria 685/98 da ANVISA. Esta portaria estabelece somente o valor limite de 10 mg/kg para cobre. Surpreende a inexistência de valores limites para chumbo e cádmio na Portaria 685/98, que se baseia nos padrões do *Codex Alimentarius* propostos pela WHO/FAO.

2.4.1.2. Avaliação dos dados existentes

O Estudo Pericial (CUNHA & ARAÚJO, 2001), analisou concentrações de chumbo e cádmio em amostras de frutas (mamão, jenipapo, goiaba e manga) e tubérculo (aipim) coletadas em áreas da PLUMBUM. Os resultados assinalaram concentrações máximas de 15,2 µg/g para chumbo e de 2,7 µg/g para cádmio.

Apesar de possuírem diversas formas de absorção dos metais, tanto as frutas (7 amostras) como o aipim (4 amostras) apresentaram concentrações semelhantes para cada metal analisado.

A comparação das concentrações de metais com os valores de referência não indicam a existência de contaminantes de interesse nas amostras vegetais coletadas na área da Plumbum.

No entanto, no passado, durante a operação da usina, sob condições de emissões mais severas, é possível que os vegetais apresentassem maiores concentrações.

2.4.2. Leite bovino

O Estudo Pericial (CUNHA & ARAÚJO, 2001) também coletou e analisou amostra de gramínea na área da PLUMBUM. Os resultados indicaram concentrações de 85 µg/g para chumbo e de 41,3 µg/g para cádmio. Uma amostra de leite coletada de uma vaca que pastava na área da PLUMBUM apresentou resultado de 0,075 µg/L g para chumbo e de 41,3 µg/L para cádmio. A Portaria 685/98 da ANVISA estabelece o limite de 0,005 µg/L de chumbo para leite bovino. O resultado encontrado situa-se acima deste valor. Recomenda-se que sejam criadas barreiras que impeçam a entrada de bovinos e outros animais da cadeia alimentar na área da PLUMBUM.

3. FOCO SECUNDÁRIO

3.1. Sedimentos

3.1.1. Valores de referência

Como valores de referência foram adotados os “níveis limites de efeito” (TELS = Threshold effects levels), utilizados pela USEPA (1996) em suas avaliações.

Os valores limites propostos são apresentados na tabela V - 9.

Tabela V-9: Valores de referência “níveis limites de efeito” para sedimentos

PARÂMETRO	USEPA -1996 TELS (µg/g)
Arsênio	7,24
Cádmio	0,676
Chumbo	30,2
Cobre	18,7
Mercúrio	0,13
Níquel	15,9
Zinco	124

FONTE: USEPA (1996)

3.1.2. Avaliação dos dados

A tabela V-10 apresenta os resultados dos estudos anteriores, das concentrações de metais em amostras de sedimentos coletadas no rio Subaé, desde Santo Amaro da Purificação até a localidade de São Francisco do Conde, onde se observa que as concentrações de chumbo e cádmio são superiores aos limites propostos pela USEPA.

Tabela V-10: Concentrações de metais em amostras de sedimentos em estudos anteriores.

Referência (ano)	Concentração do metal/Padrões (ppm)			
	Pb (TELS =30,2)	Cd (TELS =0,676)	Cu (TELS =18,7)	As (TELS =7,24)
DONNIER et al. (1977)		23,7*	----	-----
CEPED/UFBa (1996)				
São Braz	119	1,19	-----	3,18
S.F. Conde	62,2	0,189	8,31	6,53
(CUNHA & ARAÚJO, 2001)**	12.000	26,8	-----	

* Valor médio. Variação entre 0,5 e 120 ppm, peso seco

** Amostra coletada nas proximidades da PLUMBUM (Em terreno do DERBA)

Foram coletadas amostras de sedimentos em pontos do rio Subaé, à montante da PLUMBUM, e em outros pontos desde o início dos manguezais, em Santo Amaro, até São Francisco do Conde. Os metais analisados foram arsênio, chumbo, cádmio, níquel, mercúrio, zinco, cobre e antimônio. Os detalhes dos procedimentos de planejamento, execução, protocolo de amostragem e análise são apresentados no ANEXO V-1. Os resultados analíticos individualizados são apresentados no ANEXO V-2. Para cada ponto de amostragem foram coletadas amostras de sedimentos em duas profundidades (0 – 5 cm; 5 – 10 cm). A figura V-2 apresenta em desenho esquemático a distribuição dos metais nos sedimentos superficiais (0 – 5 cm).

Não foram observadas variações significativas nas concentrações dos metais nas duas profundidades analisadas.

Os resultados das amostras coletadas à jusante do ponto de emissão da PLUMBUM não apresentaram concentrações dos metais acima dos valores de referência.

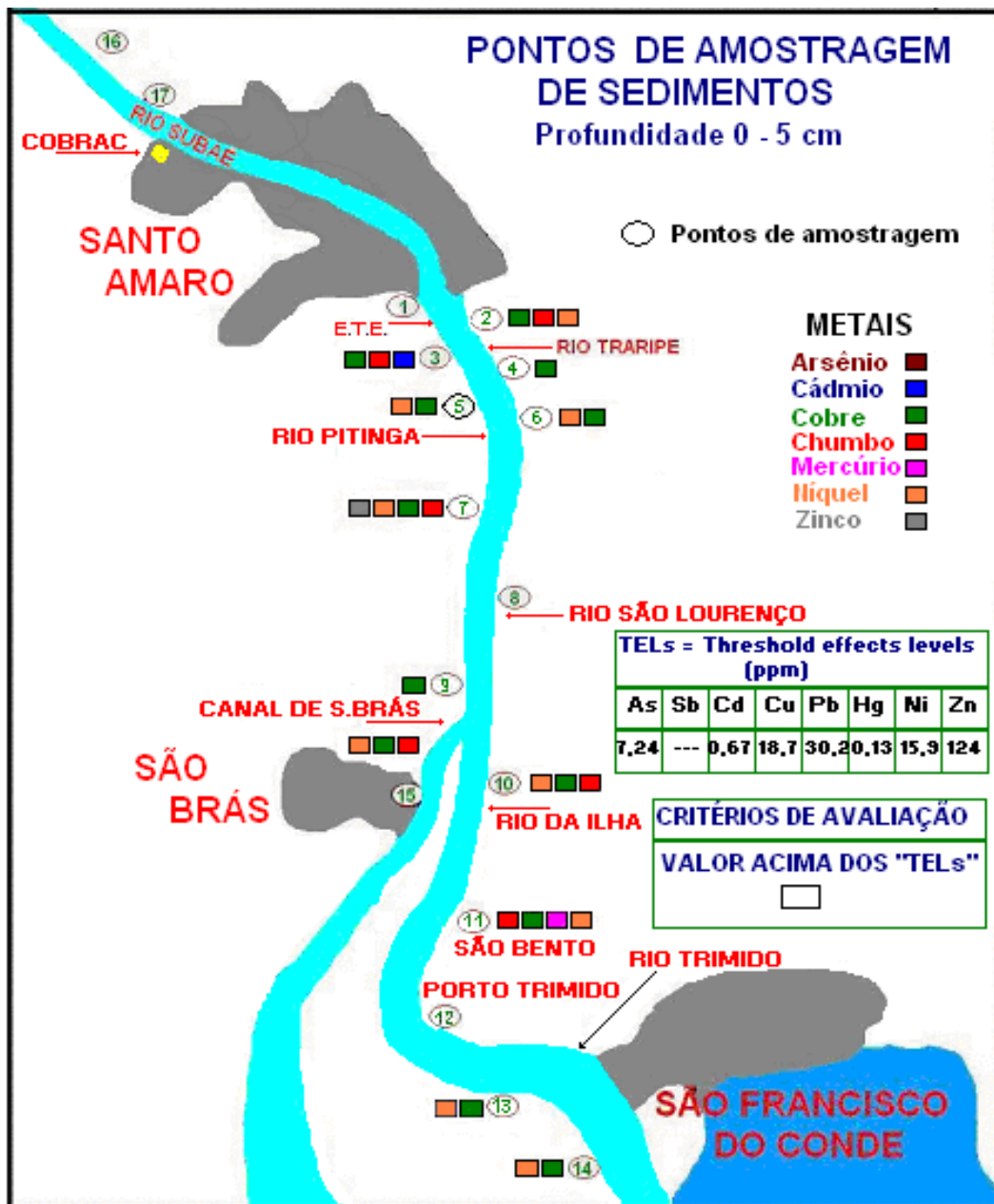


FIGURA V-2: Distribuição dos metais em sedimentos superficiais (0 – 5 cm), rio Subaé, Santo Amaro da Purificação-BA, 2003.

Os principais resultados das análises dos metais nas amostras de sedimentos e sua avaliação quanto aos contaminantes de interesse são apresentados na tabela V-11.

Tabela V-11: Definição dos contaminantes de interesse em sedimentos, rio Subaé, Santo Amaro da Purificação-BA, 2003.

Parâmetro	Dados anteriores		AMBIOS (2003)		Referência	Avaliação
	CONC. mínima (mg/Kg)	CONC. máxima (mg/Kg)	CONC. mínima (mg/Kg)	CONC. máxima (mg/Kg)	EPA TELS = Threshold effects levels (mg/Kg)	Contaminante de interesse?
Antimônio			ND	ND	-----	NÃO
Arsênio	3,18	6,53	ND	1,42	7,24	NÃO
Cádmio	0,189	1,19	ND	1,16	0,676	SIM
Chumbo	62,2	119	4,78	143	30,2	SIM
Cobre		8,31	8,09	55,6	18,7	SIM
Mercúrio			ND	0,582	0,13	SIM
Níquel			7,47	38,9	15,9	SIM
Zinco			10,3	297	124	SIM

Fonte: AMBIOS (2003)

Pelos resultados obtidos, observa-se que os metais pesados **cádmio, chumbo** (passado e presente), **cobre, mercúrio, níquel e zinco** (presente, sem dados do passado) apresentam concentrações bem acima dos valores de referência, devendo ser considerados **contaminantes de interesse** nas avaliações seguintes.

Por outro lado, observou-se a semelhança entre os resultados deste estudo com aqueles obtidos pela CEPED/UFBA (1996), principalmente nas amostras dos sedimentos coletados na localidade de São Braz.

Vale salientar que os dados sobre sedimentos servem como caracterização ambiental do foco secundário formado pelas emissões de metais para o rio Subaé, não podendo ser utilizados nos cálculos de exposição.

A amostra de sedimento coletada nas proximidades da PLUMBUM, nas instalações do DERBA (Departamento de Estrada de Rodagem – Ba) apresenta as maiores concentrações de chumbo e cádmio, indicando que, decorridos 10 anos do término das atividades da usina, os contaminantes se concentram nas proximidades do ponto de emissão. Este fato também pode sugerir uma baixa mobilidade dos contaminantes.

Por outro lado, estes dados indicam a possibilidade de contaminação passada e presente da cadeia trófica deste compartimento aquático. Não é possível a previsão sobre a mobilização e o deslocamento dos metais contidos nestes sedimentos para áreas de maior desenvolvimento biótico, como nos manguezais, utilizado para atividades de captura, por exemplo de moluscos, importante segmento concentrador de metais pesados na biota marinha comestível. Desta forma, estes dados também indicam a potencialidade de contaminação futura dos organismos marinhos neste ambiente aquático, sendo difícil, porém, a previsão sobre a intensidade desta contaminação.

Quanto aos aspectos de mobilização e biodisponibilidade dos contaminantes de interesse nos sedimentos (Ver também capítulo **Mecanismos de transporte**):

O **chumbo** tem a tendência de formar compostos de baixa solubilidade com uma grande quantidade de ânions normalmente encontrados em águas naturais. Em ambientes estuarinos, os sedimentos anaeróbicos, geralmente ricos em sulfetos, fixam os metais e são reconhecidos como seu maior depositário.

Precipitação e adsorção na superfície de componentes minerais, óxidos hidróxidos de metais e matéria orgânica são os processos mais importantes de remoção do **cádmio** pelos sedimentos. Os ácidos húmicos são os principais componentes responsáveis pela adsorção. A adsorção aumenta com o aumento do pH. Em ambientes estuarinos a presença de cloretos pode oferecer condições de mobilização do cádmio. O revolvimento dos sedimentos pode criar situações de oxidação e mobilização do metal. A salinidade das águas na zona estuarina a partir de Santo Amaro pode representar outro fator de mobilidade para o cádmio para as águas e sedimentos da Baía de Todos os Santos.

O **zinco** ocorre em ambientes aquático principalmente no estágio de oxidação +2. A adsorção é a reação dominante resultando no seu enriquecimento no material particulado suspenso e nos sedimentos. Os óxidos hidróxidos de ferro e manganês, argilas minerais e matéria orgânica jogam um papel importante nos processos de adsorção. A adsorção ocorre mais rapidamente em faixas de pH mais elevadas (pH > 7). A mobilização do zinco dos sedimentos ocorre com aumento da salinidade, deslocado por cátions dos metais alcalinos e alcalino terrosos. Este comportamento poderia estar contribuindo para o transporte do zinco para as águas e sedimentos da Baía de Todos os Santos.

Em sedimentos estuarinos oxidados, a adsorção do **cobre** é controlada tanto pelo óxido de ferro amorfo como pelo material húmico estuarino. Sob condições anaeróbicas, os sais cúpricos são reduzidos para sais cuprosos. A precipitação de sulfetos cuprosos e a formação de cobre bisulfeto e/ou complexos de poli-sulfetos determinam o comportamento de cobre nestes ambientes.

Como precaução recomenda-se o monitoramento dos sedimentos e da biota aquática comestível do rio Subaé.

3.2. Biota comestível

Os sedimentos contaminados podem atingir os organismos que nele vivem e se alimentam, principalmente os crustáceos e moluscos. Devido sua forma de alimentação, estes organismos – entre eles o *sururu* – filtrando constantemente as águas por eles aspiradas, são organismos reconhecidamente concentradores de metais pesados e outros contaminantes.

A amostragem de molusco, principalmente da espécie conhecida como *sururu* (molusco bivalve), de grande consumo pelos moradores da região, além de

possibilitar o dimensionamento do nível da contaminação ambiental, representa também um dado sobre a possível exposição humana à alimentos contaminados por metais.

3.2.1. Valores de referência

Como valores de referência para avaliação dos dados sobre metais na biota aquática comestível foi utilizada a Portaria 685/98 da ANVISA, que estabelece os limites de 0,5 µg/g para mercúrio, 2,0 µg/g para chumbo e de 1 µg/g para arsênio e cádmio.

3.2.2. Moluscos (sururu)

Até 1992, a indústria de papel IPB – Indústria de Papel da Bahia - lançava grandes volumes de efluentes altamente alcalinos no rio Pitinga, dizimando então quase que totalmente os manguezais desde a cidade de Santo Amaro até a localidade de São Brás. Posteriormente, com a intervenção do órgão ambiental baiano, CRA , estas emissões cessaram. Nos últimos anos observa-se a recomposição dos manguezais.

No entanto, durante a visita da equipe de avaliação de risco à localidade “Caiera”, pequeno povoado de pescadores em Santo Amaro, estes queixavam que – principalmente os moluscos, cuja pesca se constitui em uma das bases de sua sobrevivência, estavam bastante escassos. Desta forma, segundo seus relatos, para pescá-los, tinham que se deslocar para São Brás ou até para mais longe.

Desde Santo Amaro até a cidade de São Francisco do Conde existem – segundo informações da Prefeitura de Santo Amaro – aproximadamente cem famílias que vivem da captura de *sururu* (*Mytilus perna*) , abastecendo os restaurantes da cidade e de localidades próximas. Isto representa, por projeção, aproximadamente 30 a 50 pescadores que produzem diariamente, em média, “50 litros” de moluscos para comercialização ou, aproximadamente, 800 a 1.000 Kg/dia de moluscos.

3.2.3. Avaliação dos resultados

A tabela V-12 apresenta as concentrações de metais em amostras de moluscos (*sururu*) coletadas em diferentes pontos do rio Subaé em estudos anteriores.

Tabela V-12: Concentração de chumbo e cádmio em *sururu* em estudos anteriores

Referência (ano)	Concentração do metal em moluscos (µg/g)			
	Pb	Cd	Cu	As
Donnier et al. (1977)		50 ¹	----	-----
CEPED/UFBa (1996)				
São Braz	1,36 ²	0,86 ²	0,677 ²	2,54 ²
S.F. Conde	33,7 ³	0,25 ³	4,28 ³	0,91 ³
(CUNHA & ARAÚJO, 2001)**	1,15 ²	1,06 ²	-----	

¹ Valor médio. Variação entre 40 e 60 µg/g, peso seco

² Amostragem nas proximidades de São Brás

³ Amostragem nas proximidades de São Francisco do Conde

Os resultados dos estudos anteriores indicam concentrações de cádmio e chumbo superiores aos limites estabelecidos pela Portaria 685/98 da ANVISA.

A equipe de avaliação de risco realizou amostragem e análise de moluscos para todos os contaminantes de potencial interesse. A amostragem de crustáceos concentrou-se nas áreas de manguezais desde o seu início, na extremidade sul de Santo Amaro até os manguezais na localidade São Brás. Os detalhes sobre planejamento, execução, protocolos de amostragem e análise são apresentados no ANEXO V-1.

A distribuição dos contaminantes de interesse nas amostras de *sururu* na amostragem realizada pela equipe de avaliação de risco pode ser observada, em desenho esquemático na figura V-3.

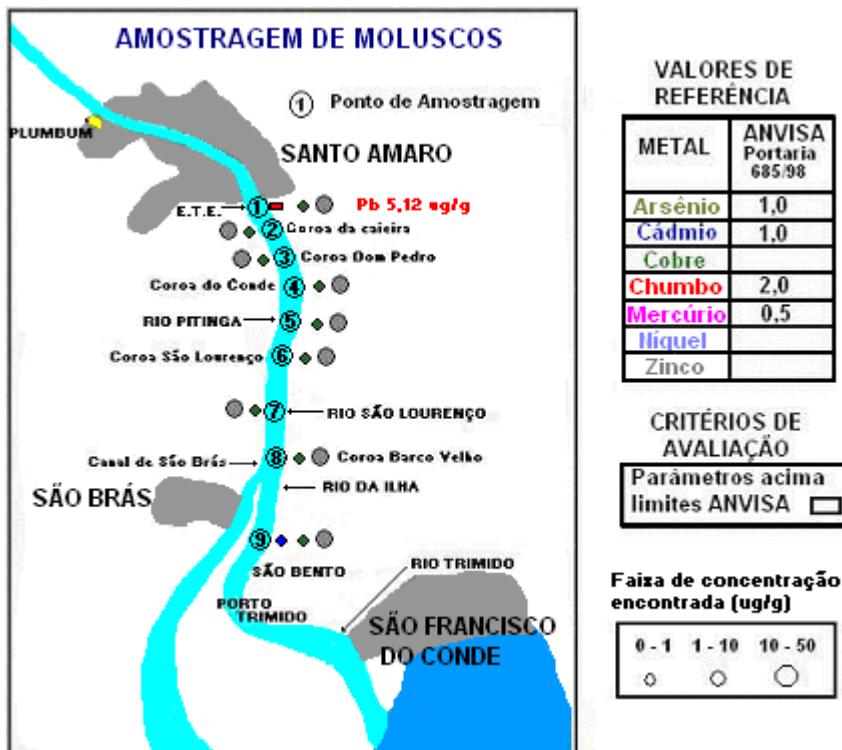


Figura V-3: Distribuição dos contaminantes de interesse em amostras de *sururu*

Os resultados reportados e sua avaliação quanto aos contaminantes de interesse são apresentados na tabela V-13.

Tabela V-13: Concentrações de metais em amostras de moluscos (*sururu*) coletadas no rio Subaé, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.

Parâmetro	Dados anteriores		Este estudo (AMBIOS, 2003)		Referência ANVISA Portaria 685/98	Avaliação Contaminante de interesse?
	CONC. mínima (mg/Kg)	CONC. máxima (mg/Kg)	CONC. mínima (mg/Kg)	CONC. máxima (mg/Kg)		
Antimônio			ND	ND	-----	NÃO
Arsênio	0,91	2,54	ND	ND	1,0	SIM
Cádmio	0,25	0,86	ND	0,976	1,0	SIM
Chumbo	1,36	33,7	ND	5,73	2,0	SIM
Cobre	0,67	4,28	1,41	14,9	---	NÃO
Mercúrio			ND	ND	0,5	NÃO
Níquel			ND	1,12	----	NÃO
Zinco			8,78	31,8	-----	NÃO

Fonte: AMBIOS (2003)

Pelos resultados apresentados na tabela, observa-se que os metais chumbo (passado e presente) e arsênio (passado) apresentam concentrações acima dos valores de referência. Desta forma o **chumbo** e o **arsênio** são **contaminantes de interesse** nos moluscos do rio Subaé. Por outro lado, devido ao fato da concentração máxima encontrada para cádmio se situar praticamente no limite do valor de referência da ANVISA, e por ser este metal uma substância comprovadamente cancerígena, indicamos também o **cádmio** como um contaminante de interesse para a rota biota aquática comestível.

No caso do arsênio, deve-se ressaltar que as formas químicas comumente encontradas em organismos aquáticos, arsenobetaine e arsenocolina, são consideradas pouco tóxicas (ATSDR, 1993)

Nos resultados das análises nas amostra de moluscos coletadas pela equipe de avaliação de risco, observou-se também, além de chumbo, a presença de cádmio, cobre, níquel e zinco, se bem que em concentrações abaixo dos valores de referência.

4. FORA DO FOCO PRINCIPAL

Devido às deficiências já assinaladas nos dados existentes – segundo os critérios de avaliação de risco à saúde humana pela metodologia da ATSDR – foram realizadas novas coletas de amostras para diferentes compartimentos ambientais nas áreas fora do foco principal.

Além dos alimentos a seguir relatados, foram planejadas coletas de amostras de carne bovina. No entanto, conforme as informações recebidas dos criadores locais e confirmadas por funcionários do Abatedouro Municipal de Santo Amaro, os bovinos

abatidos são trazidos para a cidade somente para a “engorda” final, dois ou três meses antes do abate. Portanto, as amostras coletadas no abatedouro não são representativas de uma possível contaminação destes animais nas pastagens do município e, seus resultados, poderiam gerar conclusões falsas.

4.1. Alimentos

Como referência para avaliação dos possíveis contaminantes de interesse em amostras de alimentos foi utilizada a Portaria 685/98 da ANVISA. Esta Portaria se baseia na legislação internacional, inclusive do Codex Alimentarius da FAO/WHO.

4.1.1. Vegetais comestíveis

Foram colhidas amostras de vegetais cultivados e consumidos nas proximidades da PLUMBUM, principalmente na localidade da “Caixa D’Água” e áreas de cultivo ao norte da empresa, sempre em distâncias não superiores a 500 metros da metalúrgica. Detalhes sobre o planejamento, execução, protocolo de amostragem e análise são apresentados no ANEXO V-1.

4.1.1.1. Aipim

Tavares e Carvalho (1992) analisaram amostras de verduras e frutas produzidas dentro do raio de 1 km da indústria. Os resultados apresentaram concentrações de chumbo de até 215 µg/g (base seca) e de cádmio de até 11,8 µg/g (base seca). O fato dos resultados no estudo de Tavares e Carvalho não ter sido individualizados, por espécie vegetal, nem apresentar a localização de cada ponto amostrado, impediram a comparação com os resultados recentes. O Estudo Pericial (2001) realizou análise em amostras de banana, cana de açúcar e acerola coletadas na “periferia da Plumbum”. Somente a amostra de banana analisada assinalou a presença de chumbo (11,0 µg/g).

A equipe de avaliação de risco (este estudo) realizou amostragem de vegetais cultivados em áreas distantes até 500 m da usina metalúrgica. Entre as espécies vegetais amostradas, o aipim foi também selecionado pelas seguintes razões:

- 1 – Alimento básico da população que vive no entorno da PLUMBUM
- 2 – Além de ser cultivado na maioria das residências no entorno da PLUMBUM é também cultivado nas áreas de invasão da indústria de papel BACRAFT S/A, situada ao norte da PLUMBUM, em direção dos ventos predominantes.
- 3 – O cultivo é intenso o bastante – nesta área – que permite sua comercialização nas feiras de Santo Amaro e localidades vizinhas.
- 4 - Tubérculo, como a batata doce e o aipim assimilam metal primordialmente do solo. Os resultados da amostragem de aipim obtidos pela equipe de avaliação de risco são apresentados na tabela V-14.

Tabela V-14: Concentrações de metais em amostras de aipim nas proximidades da PLUMBUM, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.

PARÂMETRO	Concentração mínima (mg/Kg)	Concentração máxima (mg/Kg)	ANVISA Portaria 685/98 (mg/Kg)	CONTAMINANTE DE INTERESSE?
Antimônio	ND	ND		NÃO
Arsênio	ND	ND	-----	NÃO
Cádmio	ND	ND	-----	NÃO
Chumbo	0,610	0,808	-----	NÃO
Cobre	1,68	3,78	10	NÃO
Mercúrio	ND	ND	-----	NÃO
Níquel	1,60	2,35	-----	NÃO
Zinco	2,30	6,32	----	NÃO

Fonte: AMBIOS (2003)

A portaria 685/98, utilizada na avaliação dos resultados, estabelece somente o valor limite de 10 mg/kg para cobre. Apesar do contato direto com o solo contaminado, este tubérculo não apresentou contaminação.

As concentrações dos metais detectados nas análises estão abaixo dos valores de referência. Dos metais de maior toxicidade, o chumbo apresentou somente concentrações traço. Com estes resultados **não foram detectados contaminantes de interesse** para este vegetal.

4.1.1.2. Manga

A equipe de avaliação de risco coletou amostras de manga devido ao cultivo e consumo constatado na maioria das residências do entorno da PLUMBUM. Os resultados da amostragem e análise são apresentados na tabela V-15.

Tabela V-15: Definição dos contaminantes de interesse em amostras de manga coletadas até 500m da PLUMBUM, Santo Amaro da Purificação-BA, 2003.

PARÂMETRO	Concentração mínima (mg/kg)	Concentração máxima (mg/kg)	ANVISA Portaria 685/98 (mg/kg)	CONTAMINANTE DE INTERESSE?
Antimônio	ND	ND		NÃO
Arsênio	ND	ND	-----	NÃO
Cádmio	ND	ND	-----	NÃO
Chumbo	ND	0,685	-----	NÃO
Cobre	1,25	2,60	10	NÃO
Mercúrio	ND	ND	-----	NÃO
Níquel	1,45	1,90	-----	NÃO
Zinco	0,40	2,85	----	NÃO

Fonte: AMBIOS (2003)

Pelos resultados obtidos na avaliação **não foram detectados contaminantes de interesse** para este vegetal.

4.1.1.3. Banana

A amostragem de banana foi realizada pelas seguintes razões:

1. É um alimento freqüente na dieta da população que vive no entorno da PLUMBUM
2. É cultivada na maioria das residências no entorno da PLUMBUM;

O cultivo em maior proporção, que permite sua comercialização nas feiras de Santo Amaro e localidades vizinhas, ocorre principalmente, na área de invasão da indústria de papel BACRAFT S/A, situada ao norte da PLUMBUM, em direção dos ventos predominantes.

Os resultados da amostragem de banana apresentados na tabela V-16 e no ANEXO V-2/8 não indicam **contaminantes de interesse** para este vegetal.

Tabela V-16: Concentrações de metais em amostras de banana nas proximidades da PLUMBUM, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.

PARÂMETRO	Concentração mínima (mg/Kg)	Concentração máxima (mg/Kg)	ANVISA Portaria 685/98 (mg/Kg)	CONTAMINANTE DE INTERESSE?
Antimônio	ND	ND		NÃO
Arsênio	ND	ND	-----	NÃO
Cádmio	ND	ND	-----	NÃO
Chumbo	ND	ND	-----	NÃO
Cobre	1,67	2,33	10	NÃO
Mercúrio	ND	ND	-----	NÃO
Níquel	ND	2,10	-----	NÃO
Zinco	1,47	2,40	----	NÃO

Fonte: AMBIOS (2003)

4.1.1.4. Avaliação sobre a exposição por vegetais comestíveis

Apesar das concentrações de Antimônio, Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Níquel e Zinco nas amostras de vegetais comestíveis coletadas nas proximidades, fora da PLUMBUM, estarem dentro das normas estabelecidas pela Portaria ANVISA 685/98, no caso da avaliação do chumbo, devem ser levadas em consideração todas as outras rotas, principalmente, para a população exposta.

4.1.2. Leite

Foram coletadas amostras de leite de pequenos criadores na localidade “Caixa d’Água” e nas imediações ao norte da PLUMBUM. Os animais de ordenha, conforme descrição mais detalhada no protocolo de amostragem (ANEXO V-1), ao contrário do

rebanho de corte, nasceram e cresceram nas áreas de maior impacto ambiental, ou seja, nas proximidades de até 500 metros de distância da PLUMBUM.

4.1.2.1. Valores de referência

Para avaliação dos resultados na avaliação das concentrações de metais em amostras de leite bovino foram utilizados os valores limites estabelecidos pela Portaria 685/98 da ANVISA.

4.1.2.2. Avaliação dos resultados

Os resultados da amostragem de leite realizada pela equipe de avaliação de risco são assinalados na tabela V-17.

Tabela V-17: Definição dos contaminantes de interesse em amostras de leite bovino coletadas até 500m da PLUMBUM, Santo Amaro da Purificação-BA, 2003.

PARÂMETRO	Concentração mínima (mg/Kg)	Concentração máxima (mg/Kg)	ANVISA Portaria 685/98 (mg/Kg)	CONTAMINANTE DE INTERESSE?
Chumbo	ND	ND	0,05	NÃO
Cádmio	ND	ND	----	NÃO
Cobre	ND	ND	----	NÃO
Níquel	ND	ND	----	NÃO
Zinco	1,71	2,11	----	NÃO
Antimônio	ND	0,094	----	NÃO
Arsênio	ND	ND	0,1	NÃO
Mercurio	ND	ND	----	NÃO

Fonte: AMBIOS (2003)

As concentrações de metais encontradas nas amostras de leite bovino estão abaixo dos valores de referência. Desta forma, os resultados obtidos não indicam **contaminantes de interesse** no leite bovino.

4.2. Água subterrânea

As amostras de água subterrânea foram coletadas em 5 captações (poço) no centro da cidade, nas proximidades de logradouros e ruas onde foram utilizada escória nas suas bases.

Desta forma buscou-se determinar a possibilidade dos contaminantes da escória utilizada haver alcançado os aquíferos de captação. As captações escolhidas situam-se em estabelecimentos onde as águas pudessem ser utilizadas por um maior número de pessoas (hospital, hotel, supermercado). Maiores detalhes sobre planejamento, execução, protocolo de amostragem e análise são apresentados no ANEXO V-1 deste capítulo.

4.2.1. Valores de referência

Para a avaliação dos resultados das análises de metais em amostras de água de captação subterrânea foram utilizados, como valores de referência, os padrões de potabilidade da Portaria 1.469/2000 do Ministério da Saúde. O ANEXO V-2/5 e na tabela V-18, abaixo, são apresentados os resultados e sua avaliação quanto aos valores de referência.

Tabela V-18: Definição dos contaminantes de interesse em amostras de água subterrânea coletadas no Centro de Santo Amaro da Purificação-BA, 2003.

PARÂMETRO	Concentração mínima (mg/Kg)	Concentração máxima (mg/Kg)	PORTARIA MS 1469 (mg/L)	CONTAMINANTE DE INTERESSE?
Antimônio	ND	ND	0,005	NÃO
Arsênio	ND	ND	0,01	NÃO
Cádmio	ND	ND	0,005	NÃO
Chumbo	ND	ND	0,01	NÃO
Cobre	ND	ND	2	NÃO
Mercúrio	ND	ND	0,001	NÃO
Níquel	ND	ND	-----	NÃO
Zinco	0,007	0,036	5	NÃO

Fonte: AMBIOS (2003)

4.2.2 Avaliação dos resultados

Os resultados obtidos assinalam que a escória utilizada na base das ruas e logradouros (70% da área central de Santo Amaro foram cobertas com a escória da PLUMBUM) não atingiram os aquíferos de captação. Esta situação pode ser decorrência da baixa solubilidade da escória, bem como da geologia local, caracterizada por camadas de argila de baixa permeação. Segundo dos Anjos (1998), em estudo realizados na área da PLUMBUM, o potencial hidrogeniônico alto, a alta presença da matéria orgânica, a capacidade de troca catiônica no solo, o tipo de argilo minerais (majoritariamente montmorilonítico) e a textura do solo argilosa a muito argilosa, favoreceram os processos de retenção dos metais no solo.

Outro fato que pode inibir a migração dos contaminantes a partir da escória, deve-se ao calçamento existente em todas as ruas centrais, o que impede o fluxo vertical das águas das chuvas.

Por outro lado, com o abastecimento público da concessionária estatal baiana, verifica-se a utilização menor de águas de captação subterrânea. De qualquer maneira, como precaução, seria recomendável o monitoramento trimestral da qualidade das águas destas captações, principalmente naquelas onde é utilizada por muitas pessoas.

Desta forma, pelos resultados obtidos, não foram constatados **contaminantes de interesse** nas águas subterrâneas nas áreas centrais de Santo Amaro, onde houve utilização de escória da PLUMBUM na base das ruas e logradouros.

4.3. Solo superficial

Nos estudos de avaliação de risco à saúde humana, a principal preocupação quanto à contaminação do solo é quanto a possibilidade de sua transformação em rota de exposição através das vias de ingestão (principalmente por crianças) e por inalação do material particulado suspenso.

Nas proximidades da PLUMBUM, até 500 metros de distância, afora a avenida Rui Barbosa, a maior concentração de habitantes ocorre na localidade “Caixa d’Água”. A avenida Rui Barbosa, apesar de sua base haver sido composta por escória, é uma via asfaltada. No entanto, os quintais de suas residências, não possuem calçamento. As ruas da localidade e áreas internas das residências da localidade “Caixa d’Água” não apresentam nenhuma cobertura, ou seja, apresentam solo exposto.

A escolha dos pontos de amostragem realizada pela equipe de avaliação se deu em áreas densamente povoadas até 1 km de distância da PLUMBUM, em direção ao centro da cidade (12 amostras) e em áreas próximas ao centro da cidade, distando entre 1 e 2 km da PLUMBUM (4 amostras). Os detalhes dos procedimentos de planejamento, execução, protocolo de amostragem e de análise são apresentados no ANEXO V-1

4.3.1. Valores de referência

Como valores de referência, a equipe de avaliação de risco optou pela utilização das normas estabelecidas pela legislação holandesa para solos em áreas residenciais. Devido às características dos solos na área urbana de Santo Amaro, já relatadas em “**Dados anteriores**”, a equipe decidiu utilizar na avaliação do solo superficial o **valor de alerta “T”**, da legislação holandesa, **considerando um teor de argila de 25,0% e de matéria orgânica de 10%**. Os valores de referência da legislação holandesa para solos com estas características são apresentados na tabela V-19.

Tabela V-19: Valores de referência da legislação holandesa para solos residenciais considerando-se um teor de argila 25,0% e de matéria orgânica de 10%.

SUBSTÂNCIA	Concentração em peso seco (mg/Kg)		
	S	T	I
Arsênio	29,0	42,0	55,0
Cádmio	0,8	6,4	12,0
Cobre	36	113	190
Chumbo	85	308	530
Mercúrio	0,3	5,2	10,0
Níquel	35	123	210
Zinco	140	430	720

Fonte: CETESB (1999).

4.3.2 Avaliação dos resultados

A localização dos pontos de amostragens e as concentrações dos metais em cada ponto pode ser observada, de forma esquemática, na figura V-4.

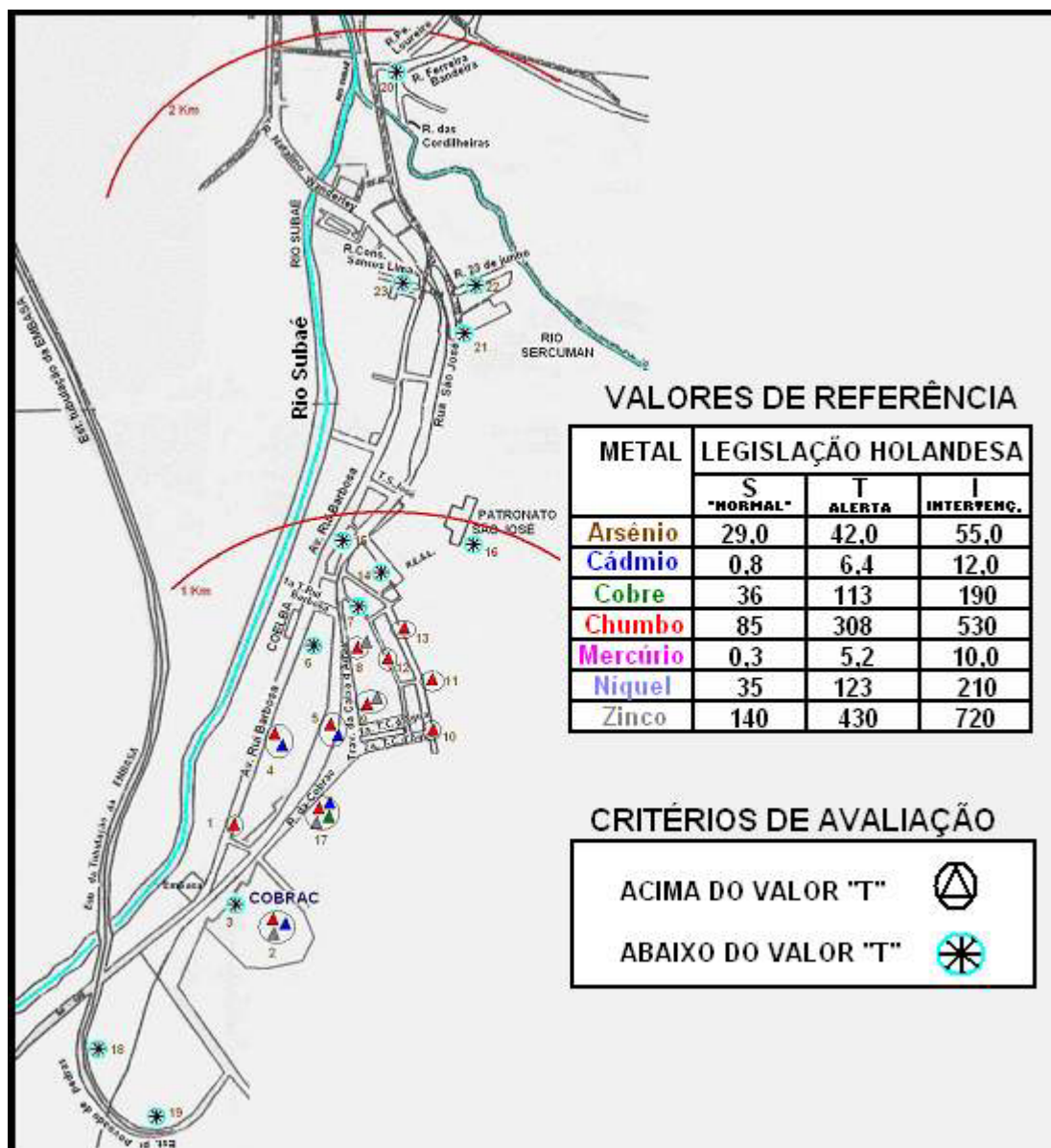


Figura V- 4: Distribuição dos metais em amostras de solo superficial coletadas em pontos até 2 km de distância da PLUMBUM, Santo Amaro da Purificação - BA, 2003.

A tabela V-20 apresenta os principais resultados, sua comparação com os valores de referência e a determinação dos contaminantes de interesse.

Tabela V-20: Definição dos contaminantes de interesse em amostras de solo superficial coletadas em pontos até 2 km da PLUMBUM, Santo Amaro da Purificação-BA, 2003.

PARÂMETRO	Concentração mínima (mg/Kg)	Concentração máxima (mg/Kg)	T ¹ HOLANDA	CONTAMINANTE DE INTERESSE?
Antimônio	ND	ND	-----	NÃO
Arsênio	ND	ND	42,0	NÃO
Cádmio	ND	30,2	6,4	SIM
Chumbo	15,2	5890	308	SIM
Cobre	9,08	193	113	SIM
Mercúrio	ND	2,60	5,2	NÃO
Níquel	9,24	27,1	123	NÃO
Zinco	18,9	7540	430	SIM

Fonte: AMBIOS (2003)

Pelos resultados obtidos, observa-se que as concentrações dos metais **cádmio, chumbo, cobre e zinco** são maiores que os valores de referência, devendo estes metais ser considerados **contaminantes de interesse**.

4.3.4. Poeira domiciliar

A determinação das concentrações de metais pesados nas amostras de poeira domiciliar, apesar de não oferecer base de cálculo para a exposição humana, servem como “testemunho” das exposições passadas, principalmente quando não existem dados que melhor documentem estas exposições.

A poeira domiciliar acumulada ao longo dos anos, pode fornecer importantes informações sobre a composição das emissões atmosféricas no passado. Assim, por exemplo, no caso das emissões atmosféricas pela PLUMBUM em Santo Amaro, existem sérias dúvidas sobre a emissão de outros metais pesados, além do chumbo e cádmio (intensamente estudados), como o arsênio e o mercúrio.

A existência de ruas não asfaltadas em Santo Amaro, principalmente nas imediações da PLUMBUM, podem ser uma importante via de exposição, via inalação de material particulado (poeira em suspensão levantada da estrada com o movimento de pedestres e meios diversos de transporte).

4.3.4.1. Valores de referência

Tavares (1990) , citando Murphy (1987) reporta que o Conselho da Grande Londres estabeleceu um nível limite de chumbo para poeira de 500 ppm. A equipe de avaliação de risco da AMBIOS tem utilizado na determinação de contaminantes de interesse na poeira domiciliar os valores limites de intervenção, segundo a legislação para solos residenciais contaminados da legislação holandesa.

Devido às características da poeira domiciliar (pó ressecado, constituído por material mineral alterado), a equipe de avaliação de risco à saúde humana decidiu utilizar para a avaliação da poeira domiciliar das residências localizadas nas proximidades da PLUMBUM o **valor de alerta “T”, considerando-se um teor de argila 0% e de matéria orgânica também 0%**. Os valores de referência da legislação holandesa para solos com estas características são apresentados na tabela V-21.

Tabela V-21: Valores de referência para avaliação de solo superficial em áreas residenciais, considerando-se um teor de argila 0% e de matéria orgânica 0%.

SUBSTÂNCIA	Concentração em peso seco (mg/Kg)		
	S	T	I
Arsênio	15	21,7	28,4
Cádmio	0,4	3,3	6,1
Cobre	15	47	79
Chumbo	50	181	312
Mercúrio	0,2	3,5	6,6
Níquel	10	35	60
Zinco	50	154	257

Fonte: CETESB (1999)

A justificativa para esta escolha é também o fato da poeira domiciliar, mesmo a “recôndita”, de difícil acesso, e que escapa à limpeza (tipo de amostra utilizada), indicar a presença de material que pode ser mobilizado e colocar em exposição aos residentes.

4.3.4.2. Avaliação dos resultados

Os detalhes dos procedimentos desta técnica de amostragem, bem como o planejamento e protocolos de amostragem e de análise são apresentados no ANEXO V-I deste capítulo. A figura V-5 apresenta, em desenho esquemático, a distribuição das concentrações de metais em amostras de poeira domiciliar coletadas em residências de Santo Amaro.

Os principais resultados desta amostragem, bem com a comparação com os valores de referência e determinação dos contaminantes de interesse são apresentados na tabela V-22.

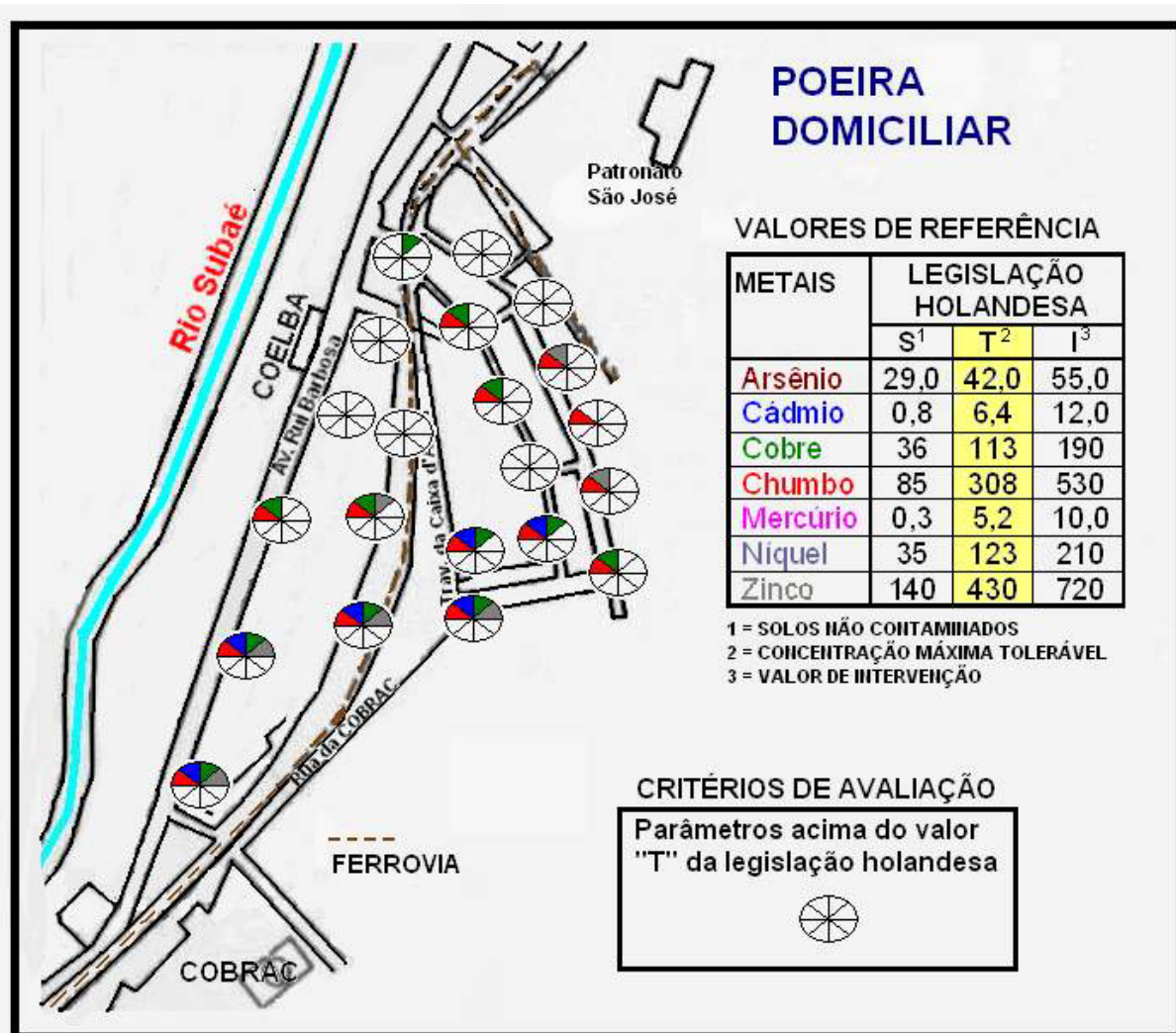


Figura V-5: Desenho esquemático da distribuição das concentrações de metais pesados em amostras de poeira domiciliar coletadas em residências de Santo Amaro da Purificação – Ba.

Tabela V-22: Concentrações de metais em amostras de poeira domiciliar nas proximidades da PLUMBUM em Santo Amaro da Purificação

PARÂMETRO	Concentração mínima (mg/Kg)	Concentração máxima (mg/Kg)	"T" HOLANDA (mg/Kg)	CONTAMINANTE DE INTERESSE?
Chumbo	52,1	4.780	181	SIM
Cádmio	ND	40,9	3,3	SIM
Cobre	38,7	448	47	SIM
Níquel	ND	115	35	SIM
Zinco	74,8	5.510	154	SIM
Antimônio	ND	47,8	----	NÃO
Arsênio	ND	7,44	21,7	NÃO
Mercurio	ND	0,739	3,5	NÃO

Fonte: AMBIOS (2003)

Conforme se observa nos resultados obtidos, os metais **chumbo, cádmio, cobre, níquel e zinco** apresentam concentrações bastante acima dos valores de referência e devem ser considerados **contaminantes de interesse**.

Como comparação com as concentrações encontradas em amostras de poeira nas residências distantes até 500 m da PLUMBUM, a ATSDR (1995) encontrou, em estudos realizados nas proximidades de áreas com solos contaminados nos Estados Unidos, concentrações de chumbo variando entre 206 e 469 mg/Kg.

Embora não permita fazer uma análise da dose de exposição, já que é medida em volume de ar, não invalida que se possa estabelecer a inalação como uma via de exposição aos contaminantes. Pode-se traçar um paralelo com o desencadeamento de processos alérgicos pela inalação de poeira acumulada, a qual se constitui em um dos fatores de risco principais pela proliferação de agentes patogênicos.

Por outro lado, os resultados obtidos confirmam a contaminação do solo superficial, devido ao fato da localização dos pontos duas amostragens (solo e poeira) terem sido realizadas próximas.

**AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA POR
METAIS PESADOS
EM SANTO AMARO DA PURIFICAÇÃO - BAHIA**

**CAPÍTULO V
SELEÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE**

ANEXOS