

AVALIAÇÃO DE RISCO
À SAÚDE HUMANA POR METAIS PESADOS EM
SANTO AMARO DA PURIFICAÇÃO, BAHIA.

2003

PARTICIPANTES DOS ESTUDOS DE AVALIAÇÃO

Coordenação dos Estudos:

Alexandre Pessôa da Silva. Diretor Técnico da AMBIOS ENGENHARIA E PROCESSOS LTDA. Mestre em Química pela Bergakademie Freiberg (Alemanha). Doutor em Ciências (Instituto de Geociências – USP).

Equipe de Especialistas:

Carmen Asmus. Professora Adjunta da Faculdade de Medicina e NESC/UFRJ. Mestre em Endocrinologia (FM/UFRJ) e Doutora em Engenharia da Produção (COPPE/UFRJ).

Maria Izabel de Freitas Filhote. Pesquisadora do NEWSOC/UFRJ. Enfermeira. Mestre em Enfermagem pela UFRJ.

Consultores

Marisa Palácios. Professora Adjunta da Faculdade de Medicina e NESC/UFRJ. Mestre em Medicina Social (IMS/UERJ) e Doutora em Engenharia da Produção (COPPE/UFRJ).

Volney de M. Câmara. Professor Titular da Faculdade de Medicina e NESC/UFRJ. Mestre em Medicina Ocupacional (Universidade de Londres) e Doutor em Saúde Pública (FIOCRUZ).

Equipe de Amostragem

Supervisão: Dr. Alexandre Pessoa da Silva (AMBIOS)
Eng^a. Daniela Buosi (CGEVAM/FUNASA)
Dr. Gregório Herling Alonzo (CGEVAM/FUNASA)
Químico Giancarlo Meneghelli (AMBIOS)
Farm.Bioq. Kleber Raimundo Freitas Faial (Instituto Evandro Chagas)
Técnico em Mineração Severino Ramos Marques de Lima (CETEM)

Formatação gráfica e registro eletrônico

Fernando Tufik Naseri da Silva
André Naseri da Silva

ÍNDICE

	Lista de Abreviações, Siglas e Símbolos.	i
	Lista de Tabelas.	iv
	Lista de Figuras.	vii
	Lista de Anexos	xix
CAP. I.	INTRODUÇÃO	
	1. Introdução	2
	1.1. Metodologia de avaliação de risco da ATSDR (1992)	3
	1.2. Observações sobre a aplicação da metodologia de avaliação de risco da ATSDR no Brasil	4
CAP. II	ANTECEDENTES	
	1. Aspectos históricos da região	7
	2. Características geográficas da região	7
	3. Características econômicas e sócio demográficas da região	9
	4. Histórico do empreendimento	11
	4.1. Processo metalúrgico utilizado pela Plumbum	12
	4.2. Tratamento dos Sub-Produtos	15
CAP. III	VISITA À ÁREA	
	1. Estratégia	20
	2. Operacionalização das visitas	20
	3. Visita à fábrica	21
	4. Visitas ao Município de Santo Amaro	23
	4.1. A comunidade atual no entorno da Plumbum	23
	4.2. A comunidade da colônia de pesca de Caieira	25
	5. Reunião com ex-trabalhadores da usina	26
	6. Entrevistas complementares	27
	7. Visitas institucionais	28
CAP. IV	PREOCUPAÇÕES DA POPULAÇÃO COM SUA SAÚDE	
	1. Preocupações da população com sua saúde	32
	2. Conclusões	33
CAP. V	SELEÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE	
	1. Introdução	35
	2. FOCO PRINCIPAL	36
	2.1. Escória	36
	2.2. Solo Superficial	37
	2.3. Águas Superficiais	38
	2.4. Águas Subterrâneas	38
	2.5. Alimentos	39
	2.6. Outros compartimentos ambientais – Gramínea	39
	3. FOCO SECUNDÁRIO	40
	3.1. Sedimentos no Rio Subaé	40
	3.2. Biota aquática comestível	40
	4. FORA DO FOCO PRINCIPAL	42
	4.1. Solo Superficial	42
	4.2. Águas Superficiais	43
	4.3. Alimentos - Vegetais	44

4.2. Águas subterrâneas	44
4.3. Compartimento atmosférico	45
4.4. Outros compartimentos	46
4.4.1. Gramíneas	46
4.4.2. Sangue bovino	47
4.4.3. Roupas e utensílios de trabalho	47
AVALIAÇÃO DOS DADOS AMBIENTAIS ANTERIORES	48
1. Considerações gerais	48
2. Avaliação dos dados anteriores por compartimento ambiental	50
2.1. Compartimento atmosférico	50
2.2. Águas superficiais	50
2.3. Solo	51
2.4. Alimentos	52
2.5. Sedimentos	53
2.6. Águas Subterrâneas	54
3. Conclusão sobre a avaliação dos dados existentes	54
3.1. Solo superficial	54
3.2. Sedimentos	54
3.3. Alimentos	54
3.4. Água Subterrânea	55
3.5. Poeira domiciliar	55
DEFINIÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE	56
1. Introdução	56
2. No local do resíduo – PLUMBUM - Foco Principal	57
2.1. Solo Superficial no Foco Principal	57
2.1.1. Valores de referência	57
2.1.2. Solo Superficial no Foco Principal - dados anteriores e recentes	59
2.2. Águas Superficiais	60
2.2.1. Valores de referência	60
2.2.2. Avaliação dos dados	60
2.2.3. Rotas de exposição	60
2.3. Águas Subterrâneas	60
2.3.1. Valores de referência	60
2.3.2. Avaliação dos dados	60
2.4. Alimentos	61
2.4.1. Vegetais	61
2.4.1.1. Valores de referência	61
2.4.1.2. Avaliação dos dados existentes	61
2.4.2. Leite bovino	61
3. FOCO SECUNDÁRIO	62
3.1. Sedimentos	62
3.1.1. Valores de referência	62
3.1.2. Avaliação dos dados	63
3.2. Biota comestível	66
3.2.1. Valores de referência	67
3.2.2. Moluscos (sururu)	67
3.2.3. Avaliação dos resultados	67

	4. FORA DO FOCO PRINCIPAL	70
	4.1. Alimentos	70
	4.1.1. Vegetais comestíveis	70
	4.1.1.1. Aipim	70
	4.1.1.2. Manga	71
	4.1.1.3. Banana	72
	4.1.1.4. Avaliação sobre a exposição por vegetais comestíveis	73
	4.1.2. Leite	73
	4.1.2.1. Valores de referência	73
	4.1.2.2. Avaliação dos resultados	73
	4.2. Água subterrânea	74
	4.2.1. Valores de referência	74
	4.2.2 Avaliação dos resultados	74
	4.3. Solo superficial	76
	4.3.1. Valores de referência	76
	4.3.2 Avaliação dos resultados	77
	4.3.4. Poeira domiciliar	78
	4.3.4.1. Valores de referência	78
	4.3.4.2. Avaliação dos resultados	79
CAP. VI	MECANISMOS DE TRANSPORTE	170
	1. Introdução	171
	2. Chumbo	171
	3. Cádmio	172
	4. Zinco	174
	5. Cobre	175
CAP. VII	ROTAS DE EXPOSIÇÃO	178
	1. Introdução	179
	1.1. Identificação e avaliação de rotas de exposição	179
	1.2. Categorização das rotas como potenciais ou completas	181
	1.2.1. Rotas de exposição completa	181
	1.2.2. Rotas de exposição potencial	181
	2. Avaliação das rotas de exposição em Santo Amaro da Purificação	181
	2.1. Foco Principal – Instalações da Plumbum	181
	2.1.1. Solo Superficial	181
	2.1.2. Águas subterrâneas	183
	2.1.3. Alimentos	183
	2.1.3.1. Vegetais	183
	2.2. Foco Secundário – Rio Subaé	183
	2.2.1. Sedimentos	183
	2.2.2. Biota aquática – moluscos	184
	2.3. Fora dos focos	185
	2.3.1. Alimentos	185
	2.3.2. Águas subterrâneas	185
	2.3.3. Solo superficial	186
	2.3.4. Poeira domiciliar	187
	2.3.5. Roupas e utensílios de trabalho	187
CAP. VIII	IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE PÚBLICA	189
	1. INTRODUÇÃO	190
	1.1. Efeitos sobre a saúde	190

	1.1.1. Câncer	190
	1.1.2. Efeitos Sistêmicos	193
	1.2. A população	195
	1.3. Exposição	196
	2. AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA	197
	2.1. Efeitos tóxicos dos contaminantes de interesse	197
	2.1.1. Efeito carcinogênico	197
	2.1.2. Efeito não-carcinogênico	198
	2.1.2.1. Chumbo	198
	2.1.2.2. Cádmio	202
	2.1.2.3. Zinco	203
	2.1.2.4. Cobre	204
	2.1.2.5. Arsênio	205
	2.1.2.6. Efeitos não carcinogênicos – indicadores de risco	206
	2.2. Interação entre os agentes químicos	207
	2.3. Cálculo das doses de exposição em Santo Amaro	209
	2.4. Efeito não-carcinogênico dos contaminantes de interesse em Santo Amaro da Purificação	212
	2.5. Excesso de risco de câncer	215
	3. AVALIAÇÃO DOS EFEITOS SOBRE A SAÚDE	215
	3.1 Estudos em populações humanas: análise dos estudos realizados	215
	3.1.2 Perfil epidemiológico da população de Santo Amaro	223
	4. RESPOSTA ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE COM A SUA SAÚDE	226
	5. IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE - CONCLUSÃO	229
CAP IX	DETERMINAÇÃO DE CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	201
	1. INTRODUÇÃO	202
	1.1. Seleção de categorias de perigos para a saúde pública	202
	2. CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DE PERIGO À SAÚDE PÚBLICA NA CIDADE DOS MENINOS	203
	3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA A SAÚDE PÚBLICA	206
	4. RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES DE SAÚDE	206
	4.1. Estudos de Indicadores Biológicos de Exposição	207
	4.2. Provas biomédicas	207
CAP X	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

LISTA DE FOTOS

CAPÍTULO	DESCRIÇÃO	Pág.
CAP. V	Foto PROT V-1: Equipe de amostragem durante a coleta de amostra de solo na área da PLUMBUM.	88
	Fotos PROT V-3 e PROT V-4: Momentos dos procedimentos de amostragem.	93

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO	TABELA	Pág.
CAP. II	Tabela I -1: Pessoas residentes segundo faixa etária	9
CAP. V	Tabela V-1: Potencial hidrogeniônico (pH), e concentrações de chumbo e cádmio em amostras de solo superficial na área da PLUMBUM	37
	Tabela V-2: Concentração de Pb e Cd em amostras de água superficial em diversos pontos na área da PLUMBUM	38
	Tabela V-3: pH e Concentrações de chumbo e cádmio em amostras de água subterrânea na área da PLUMBUM	38
	Tabela V-4: Concentração de chumbo e cádmio em amostras de frutas e tubérculos coletadas na PLUMBUM.	39
	Tabela V - 5: Concentração de metais pesados em amostras de sedimentos do rio Subaé nas localidades de São Brás e São Francisco do Conde.	40
	Tabela V - 6: Concentração de metais pesados em amostras de moluscos (<i>sururu</i>) do rio Subaé nas localidades de São Brás e São Francisco do Conde.	41
	Tabela V-7: Valores referenciais (Holanda) para solo, considerando-se um teor de argila de 25,0% e de matéria orgânica de 10,0%.	59
	Tabela V - 8: Definição dos contaminantes de interesse em solo solo superficial a partir de dados recentes	59
	Tabela V-9: Valores de referência “níveis limites de efeito” para sedimentos.	62
	Tabela V-10: Concentrações de metais em amostras de sedimentos em estudos anteriores.	63
	Tabela V-11: Concentrações de metais e definição de contaminantes de interesse em sedimentos do rio Subaé.	65
	Tabela V-12: Concentração de chumbo e cádmio em <i>sururu</i> em estudos anteriores.	67
	Tabela V-13: Concentrações de metais em amostras de moluscos (<i>sururu</i>) coletadas no rio Subaé, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.	69
	Tabela V-14: Concentrações de metais em amostras de aipim nas proximidades da PLUMBUM, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.	71
	Tabela V-15: Concentrações de metais em amostras de manga nas proximidades da PLUMBUM, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.	72
	Tabela V-16: Concentrações de metais em amostras de banana nas proximidades da PLUMBUM, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.	72
	Tabela V-17: Concentrações de metais em amostras de leite bovino nas proximidades da PLUMBUM, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.	73
	Tabela V-18: Concentrações de metais em amostras de água subterrânea coletadas, em Santo Amaro, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.	74

	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%.	76
	Tabela V-20: Concentrações de metais em amostras solo superficial coletadas, em Santo Amaro, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.	78
	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%.	79
	Tabela V-22: Concentrações de metais em amostras de poeira domiciliar nas proximidades da PLUMBUM em Santo Amaro	80
	Tabela PROT V-1: Registro de dados durante amostragem de solo superficial	88
	Tabela PROT V-2: Caracterização dos pontos de amostragem de sedimentos	94
	Tabela PROT V-3: Coordenadas (GPS) da amostragem de água subterrânea	98
	Tabela PROT V-4: Localização dos pontos de amostragem de poeira domiciliar.	101
	Tabela PROT V-5: Localização dos pontos de amostragem de leite bovino	102
	Tabela PROT V-6: Localização e observações durante a amostragem de moluscos	104
	Tabela PROT V-7: Localização dos pontos de amostragem de amostras vegetais pelas coordenadas GPS e endereço da residência mais próxima	
CAP. VII	Tabela VII-1. Rotas de exposição específica de cada meio	180
	Tabela VII-2: Rotas de Exposição em Santo Amaro da Purificação	188
CAP.VIII	Tabela VIII-1: EPA classificação dos carcinógenos	192
	Tabela VIII-2: IARC classificação dos carcinógenos	192
	Tabela VIII-3 : Classificação segundo carcinogenicidade dos contaminantes de interesse, Santo Amaro-BA, 2003.	198
	Tabela VIII-4: Biomarcadores de exposição e efeito para o chumbo correlacionados com níveis de chumbo no sangue a partir dos quais são alterados.	200
	Tabela 5: Biomarcadores de exposição e efeito para o chumbo e parâmetros de normalidade aceitos pela legislação brasileira.	200
	Tabela VIII-6: Níveis de Risco Mínimo (Minimum Risk Level – MRL) e Dose de Referência (Reference Dose – RfD) dos contaminantes de interesse, Santo Amaro-BA, 2003.	206
	Tabela VIII-7: Efeitos dos fatores nutricionais e contaminantes da dieta sobre a captação de chumbo (Pb).	208
	Tabela VIII-8: Dose de exposição diária aos contaminantes de interesse por ingestão de alimentos contaminados (molusco).	210
	Tabela VIII-9: Dose de exposição diária aos contaminantes de interesse por absorção e ingestão de solo contaminado (residente em um raio de 500m da fábrica).	211
	Tabela VIII-10: Dose de exposição diária aos contaminantes de interesse por ingestão de vegetais contaminados (aipim e manga).	211

	Tabela VIII-11 : Dose de exposição diária total (mg/kg.dia) ¹ para a população residente em um raio de 500m da fábrica.	212
	Tabela VIII-12: Doses de exposição diária total para a população residente a 500m da fábrica em comparação com o MRL. Santo Amaro, 2003.	213
	Tabela VIII-13: Comparação entre as doses de exposição encontradas nas subpopulações de interesse no entorno (500m) da PLUMBUM (em µg/Kg por semana) e a ingesta semanal provisória tolerável (PTWI) segundo a OMS.	213
	Tabela VIII-14: Demonstrativo do excesso de risco para efeitos não carcinogênicos (DE/Referência).	214
	Tabela VIII-15: Comparação entre as doses de exposição encontradas nas subpopulações que se alimentam de moluscos e ingesta semanal provisória tolerável (PTWI) segundo a OMS.	214
	Tabela VIII-16: Classificação da população avaliada pela PLUMBUM segundo os critérios do CDC (a época), a partir dos níveis de ZPP. Santo Amaro, 1981/83.	219
	Tabela VIII-17: Níveis médios de Chumbo nas crianças de SAP (µg/dl)	221
	Tabela VIII-18: Percentual de redução dos níveis de chumbo no sangue por período.	221
	Tabela VIII-19 :Distribuição da frequência dos níveis de chumbo (MA) em amostras de sangue de crianças de ambos os sexos de Santo Amaro em 1980, 1985 e 1998 em relação às classes de crianças estabelecidas pelo CDC.	221

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO	DESCRIÇÃO	Pág.
CAP. V	Figura V - 1: Contaminação atmosférica, do solo, das águas e da biota pelas emissões da metalúrgica PLUMBUM em Santo Amaro da Purificação – Ba.	56
	Figura V-2 : Distribuição de metais em sedimentos superficiais (0 – 5 cm).	64
	Figura V-3: Distribuição dos contaminantes de interesse em amostras de <i>sururu</i> .	68
	Figura V-4: Distribuição dos metais em amostras de solo superficial em Santo Amaro coletadas em pontos situados até 2 Km de distância da PLUMBUM	77
	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.	80
	Figura PROT V-1: Localização dos pontos de amostragem de solo superficial	86
	Figura PROT V-2: Pontos de amostragem de sedimentos no rio Subaé	91
	Figura PROT V-3: Pontos de amostragem de água subterrânea	97
	Figura PROT V-4: Localização dos pontos de amostragem de moluscos (<i>sururu</i>).	103

¹ No anexo 8.1 podem ser vistas as fórmulas que deram origem aos valores apresentados. Nos anexos 8.2 a 8.5 podem ser vistos os cálculos das doses de exposição a partir de cada compartimento ambiental contaminado.

LISTA DE ANEXOS

CAPÍTULO	DESCRIÇÃO	Pág.
CAP. II	ANEXO II –1: Indicadores demográficos, socioeconômicos, de assistência à saúde e de situação de saúde. Santo Amaro, Salvador e Bahia, 2000.	17
	ANEXO II – 2: Pirâmides etárias. Santo Amaro, Salvador e Estado da Bahia 2000.	18
CAP. V	ANEXO V-1: Protocolo de amostragem	83
	1. Características da área de amostragem	83
	2. AMOSTRAGEM	84
	2.1. Premissas para o plano de amostragem	84
	3. SOLO SUPERFICIAL	85
	3.1. Plano de amostragem	85
	3.2. Localização dos pontos de amostragem	85
	3.3. Procedimentos de amostragem	86
	3.4. Execução da amostragem	87
	4. SEDIMENTOS	89
	4.1. Plano de amostragem	89
	4.2. Premissas para o planejamento de amostragem	90
	4.3. Procedimentos de amostragem	91
	4.4. Registro dos dados	93
	5. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	95
	5.1. Plano de amostragem	95
	5.2. Premissas para o plano de amostragem	96
	5.3. Procedimentos de amostragem	96
	5.4. Localização dos pontos de amostragem	97
	6. POEIRA DOMICILIAR	98
	6.1. Premissas para o planejamento de amostragem	98
	6.2. Procedimentos de Coleta de Poeira em Áreas Intradomiciliares	99
	6.2.1. Método de Coleta	99
	6.2.2. Materiais de Coleta	100
	6.2.3. Localização dos pontos de amostragem	100
	7. ALIMENTOS	101
	7.1. LEITE BOVINO	101
	7.1.1. Localização dos pontos de amostragem	101
	7.1.2. Procedimentos de amostragem	102
	7.2. MOLUSCOS	102
	7.2.1. Plano de amostragem	102
	7.2.2. Localização dos pontos de amostragem	103
	7.2.3. Procedimentos de amostragem	104
	7.3. VEGETAIS ALIMENTÍCIOS	104
	7.3.1. Premissas para o planejamento de amostragem	104
	7.3.2. Localização dos pontos de amostragem	105
	7.3.3. Procedimento de amostragem	105
	ANEXO V-2: Protocolo de análise	
	Anexo V-2/1: Protocolo de análise – Amostras de Solo Superficial	107
	Anexo V-2/2: Protocolo de análise – Amostras de Poeira Domiciliar	114

	Anexo V-2/3: Protocolo de análise – Amostras de Sedimentos	121
	Anexo V-2/4: Protocolo de análise – Amostras de Moluscos	131
	Anexo V-2/5: Protocolo de análise – Amostras de Água Subterrânea	137
	Anexo V-2/6: Protocolo de análise – Amostras de Leite Bovino	142
	Anexo V-2/7: Protocolo de análise – Amostras de Vegetais - Manga	147
	Anexo V-2/8: Protocolo de análise – Amostras de Vegetais - Banana	152
	Anexo V-2/9: Protocolo de análise – Amostras de Vegetais - Aipim	157
	ANEXO V-3: Protocolo de Garantia de Qualidade	162
CAP. VIII	ANEXO VIII-1 - Cálculo das doses de exposição	231
	ANEXO VIII-2 - Estimativa da Dose de Exposição por ingestão de alimento contaminado (moluscos) para metais.	237
	ANEXO VIII-3 - Estimativa da Dose de Exposição por ingestão de alimento contaminado (vegetais) para metais.	238
	ANEXO VIII-4 - Estimativa da Dose de Exposição por ingestão de solo contaminado para metais.	239
	ANEXO VIII-5 - Estimativa da Dose de Exposição por absorção dérmica de solo contaminado, para metais.	240
CAP. IX	ANEXO IX-1: Critérios e ações para os níveis de perigo de saúde pública	210
	ANEXO IX-2: Recomendações para Proteger a saúde Pública	214
	ANEXO IX-3: Critérios para a seleção de ações de acompanhamento de saúde para as populações expostas à resíduos perigosos.	218

LISTA DE ABREVIÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATSDR	<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i> (Agência para Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças)
BHC	<i>Benzene hexachloride</i> (Hexaclorobenzeno).
°C	Grau Celsius ou Grau centígrado.
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo.
CG-AR	Cromatografia a gás de alta resolução.
CG-EM	Cromatografia a Gás Acoplada ao Espectrômetro de Massa.
CGAR-DCE	Cromatografia a Gás de Alta Resolução com Detector de Captura Eletrônica.
cm	Centímetro, 10 ⁻³ m.
CMP	Concentração Máxima Permitida
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DECIT	Departamento de Ciência e Tecnologia em Saúde.
EPA	<i>Environmental Protection Agency – USA</i> (Agência de Proteção Ambiental)
EPI	Equipamentos de Proteção Individual.

FEEMA	Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro.
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz.
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde.
FUNDREM	Fundação para Desenvolvimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.
g	Grama.
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Sociedade Alemã para a Cooperação Técnica)
HCB	Hexaclorobenzeno.
HCH	Hexaclorociclohexano.
α -HCH	Isômero alfa do hexaclorociclohexano.
β -HCH	Isômero beta do hexaclorociclohexano.
γ -HCH	Isômero gama do hexaclorociclohexano.
δ -HCH	Isômero delta do hexaclorociclohexano.
ϵ -HCH	Isômero epsilon do hexaclorociclohexano.
HiVol	<i>High Volume</i> (Alto volume).
IARC	International Agency of Research on Cancer (Agencia Internacional de Investigação do Câncer)
Kg	Quilograma, 10^3 g.
Km	Quilômetro, 10^3 m.
L	Litro.
>	Maior que.
m	Metro.
m^3	Metro cúbico
μ g	Micrograma (10^{-6} g).
μ L	Microlitro (10^{-6} L).
mg	Miligrama (10^{-3} g).
mL	Mililitro (10^{-3} L).
mm	Milímetro, (10^{-3} m).
MRL	Minimal Risk Level (Nível de Risco Mínimo)
MRL	<i>Maximun Residue Levels</i> (Níveis Máximos de Resíduos) determinados pela Comissão Científica para Agricultura da Comunidade Européia. 2001.
M.S.	Ministério da Saúde.
NA	Não Analisado.
ND	Não Detectado.

ng	Nanograma (10^{-9} g).
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health (Instituto Nacional de Saúde e Segurança ocupacionais)
OMS	Organização Mundial de Saúde.
op'-DDD	Isômero orto, para, do composto Dicloro-bis-(clorofenil)-etano.
op'-DDE	Isômero orto, para, do composto Dicloro-bis-(clorofenil)-eteno.
op'-DDT	Isômero orto, para, do composto Tricloro-bis-(clorofenil)-etano.
pp'-DDD	Isômero para, para, do composto Dicloro-bis-(clorofenil)-etano.
pp'-DDE	Isômero para, para, do composto Dicloro-bis-(clorofenil)- eteno.
pp'-DDT	Isômero para, para, do composto Tricloro-bis-(clorofenil)-etano.
PCB	<i>Polychlorinated biphenyl</i> (Bifenilas policloradas).
PCF	Pentaclorofenol.
PID	<i>Photoionization detector</i> (Detector de foto-ionização).
PM	Poço de Monitoramento.
p/p	Peso por peso.
ppb	Partes por bilhão ($\mu\text{g}/\text{Kg}$, $\mu\text{g}/\text{L}$).
ppm	Partes por milhão (mg/Kg , mg/L).
%	Por cento.
s	Segundo.
TCB	Triclorobenzeno
1, 2,4 - TCB	Isômero 1, 2, 4 do Triclorobenzeno.
TCF	Triclorofenol.
2,4,5 - TCF	Isômero 2, 4, 5 do triclorofenol.
2,4,6 - TCF	Isômero 2, 4, 6 do triclorofenol.
UNESCO	Organização das Nações Unidas para A Educação, A Ciência e A Cultura
VMP	Valor Máximo Permitido.
v/v	Volume por volume.

AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

POR METAIS PESADOS

SANTO AMARO DA PURIFICAÇÃO - BAHIA

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Há mais de 25 anos que as instituições públicas governamentais, da sociedade e da comunidade que vive e trabalha em Santo Amaro da Purificação, no estado da Bahia, tem conhecimento dos impactos ambientais e suas conseqüências à saúde humana, pelas emissões de contaminantes da empresa denominada, Companhia Brasileira de Chumbo (COBRAC), de capital francês e nacional, originalmente subsidiada pelo grupo Penarroya, que se instalou neste município no ano de 1960 a 1993, visando à produção de lingotes de chumbo. Em 1989 a COBRAC foi incorporada à Plumbum Mineração e Metalurgia Ltda., pertencente ao Grupo Trevo. Até hoje àquela área e sua população, tem sido submetidas a inúmeros estudos de relevância, realizados por diversas instituições científicas do país. Assim como as mais diversas metodologias, os mais diferentes sujeitos de investigação e os diferentes compartimentos ambientais, foram submetidos a avaliações.

A COBRAC, desativada em 1993, produziu e depositou aleatoriamente 490.000 t de escória contaminada com metais pesados - sobretudo chumbo (Pb) e cádmio (Cd). Além da deposição destes resíduos nas áreas de suas instalações, a escória também foi utilizada pela Prefeitura para pavimentar logradouros públicos e pela população de Santo Amaro para aterrar pátios de casas e fundações de casas. A própria empresa admite ter emitido, através de emissões para a atmosfera, somente durante o período de 1960 a 1977, 400 t de Cádmio, além de lançar mensalmente, em média, na atmosfera, 1.152 t de SO₂. As emissões de metais pesados para o rio Subaé, através dos efluentes líquidos, são de quantificação imprecisa.

Os estudos realizados até o presente não consideraram outros metais pesados, além do chumbo e cádmio, principalmente zinco, arsênio e cobre, que, pela composição do minério e pelo processo metalúrgico utilizados, indicam sua presença nas emissões.

A determinação da contaminação dos diversos compartimentos ambientais, o estabelecimento de rotas de exposição, definição das populações expostas, bem como a qualificação de perigo e suas conseqüências nestas áreas são objetos principais do presente estudo de avaliação de risco à saúde humana por metais pesados no município de Santo Amaro da Purificação.

Como resultado dos estudos serão apresentadas recomendações de saúde para acompanhamento das populações expostas, bem como recomendações de ações ambientais para inibir as rotas de exposição humana detectadas.

1.1. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCO DA ATSDR (1992)

O processo de industrialização tem gerado em todo mundo, de forma crescente, grandes volumes de resíduos. Em muitos casos, os insumos e produtos finais contêm substâncias com diversas características de periculosidade para o meio ambiente e para a saúde humana. Diante dos riscos à saúde humana, as autoridades nos países mais industrializados criaram procedimentos de avaliação que, além de dimensionar o risco, assinalam recomendações para eliminação da exposição humana, ações de saúde direcionadas às populações expostas, bem como de remediação das fontes de emissão.

A Agência de Registro de Substância Tóxicas e de Doenças (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR*) foi criada através de legislação nos Estados Unidos da América - EUA (Acta de 1986 de Re-autorização e Emendas ao “Superfundo” da Acta integral de 1980 para Resposta Ambiental, Compensação e Contingências - CERCLA) com a missão de desenvolver atividades de Saúde Pública especificamente associadas com a exposição, real ou potencial, a agentes perigosos emitidos ao ambiente.

Nos EUA, esta metodologia fornece subsídios para a composição de uma lista nacional de locais prioritários, que deverão ser avaliados. A partir destas avaliações, a agência também procede notificação para a Agência de Proteção Ambiental (*United States Environmental Protection Agency – USEPA*) de que existe alguma ameaça para a saúde pública nos locais sob risco, de tal forma que a mesma possa desenvolver alguma intervenção para mitigar ou prevenir a exposição e dos possíveis efeitos à saúde.

Considera-se objeto de avaliação para esta metodologia compostos químicos, elementos ou combinações que, por sua quantidade, concentração, características físicas ou características toxicológicas, possam representar um perigo imediato ou potencial para a saúde humana ou ambiente, quando são inadequadamente usadas, tratadas, armazenadas, transportadas ou eliminadas. As etapas para o desenvolvimento da metodologia são:

a) Avaliação da Informação do Local - Descrição do local, aspectos históricos, avaliação preliminar das preocupações da comunidade, dados registrados sobre efeitos adversos à saúde, informação demográfica, usos do solo e outros recursos naturais, informações preliminares sobre contaminação ambiental e rotas ambientais (água subterrânea ou profunda, água superficial, solo e sedimento, ar e biota).

b) Resposta às Preocupações da Comunidade - Compreende a identificação dos membros da comunidade envolvidos, desenvolvimento de estratégias para envolver a comunidade no processo de avaliação, manutenção da comunicação com a comunidade através de todo o processo de solicitação e resposta dos comentários da comunidade sobre os resultados da avaliação.

c) Seleção dos contaminantes de Interesse – Inclui a determinação dos contaminantes no local e fora deste, sua concentração nos meios ambientais, os níveis de concentração basais, a qualidade dos dados tanto do processo de amostragem quanto das técnicas de análise, o cálculo de valores de comparação (Guias de Avaliação dos Meios Ambientais-EMEG), o inventário das emissões dos compostos tóxicos, a busca de informação toxicológica sobre os poluentes e a determinação dos poluentes de interesse.

d) Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição – A partir da identificação da fonte de emissão dos contaminantes de interesse, são realizadas identificações dos meios ambientais contaminados, dos mecanismos de transporte, dos pontos de exposição humana, das vias de exposição e das populações receptoras. Estas informações permitem avaliar se as rotas são potenciais ou completas.

e) Determinação de Implicações para a Saúde Pública – Nesta etapa do processo é realizada a avaliação toxicológica (estimativa da exposição, comparação das estimações com normas de saúde, determinação dos efeitos à saúde relacionados à exposição, avaliação de fatores que influem nos efeitos adversos para a saúde e determinações das implicações para a saúde por perigos físicos), e dos dados sobre efeitos à saúde (usos e critérios para avaliar estes dados e discussão desta informação em resposta às preocupações da comunidade).

f) Determinação de Conclusões e Recomendações – A determinação de Conclusões inclui a seleção de categorias de perigos, conclusões sobre informação consideradas insuficientes, conclusões sobre preocupações da comunidade sobre sua saúde e, por fim, as conclusões sobre rotas de exposição. Na determinação de recomendações tem-se como objetivo proteger a saúde dos membros da comunidade e recomendar ações de saúde pública.

1.2. OBSERVAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE RISCO DA ATSDR NO BRASIL

Nos EUA, como nos demais países, os procedimentos de avaliação de risco à saúde humana por resíduos perigosos fazem parte de uma legislação com recursos, poderes e deveres institucionais estabelecidos para cada uma das etapas do processo de reconhecimento do local de risco, avaliação do risco à saúde das populações expostas, medidas de inibição da exposição humana, ações de acompanhamento de saúde destas populações, bem como dos procedimentos de eliminação das fontes emissoras de resíduos perigosos.

Segundo a metodologia da ATSDR, a classificação dos diversos níveis de perigo à saúde humana impõe ações das diversas áreas de governo, antecipadamente estabelecidas. Estas ações são implementadas com recursos de um fundo próprio, criado em 1980 pelo governo federal dos EUA (*Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act – CERCLA*, também conhecido como *Superfund law*). Estas ações são

implementadas independente de quem tenha causado a situação de risco à saúde humana.

No Brasil os procedimentos de avaliação de risco à saúde humana por resíduos perigosos é uma atividade recente e, diferente do que ocorre nos países onde esta prática já existe desde a década de 80, ainda não existe um arcabouço jurídico-institucional que imponha uma seqüência natural aos resultados dos estudos de avaliação de risco.

A metodologia da ATSDR tem sido difundida no Brasil a partir do ano de 1990 devido, principalmente, aos esforços da OPAS – Organização Pan-americana da Saúde - por meio de cursos e palestras para pessoal técnico dos organismos nacionais de saúde.

Os esforços da OPAS foram reconhecidos durante a realização do *I Workshop de Avaliação e Remediação de Contaminação Ambiental com Efeito na Saúde Humana*, realizado em Brasília no ano de 2000, organizado pelo Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde. Naquele evento que reuniu especialistas nacionais e internacionais, foi aprovada por unanimidade a necessidade da realização de uma avaliação completa de risco que em sua metodologia pudesse agregar os diversos conhecimentos adquiridos nos últimos anos e determinasse recomendações para uma intervenção do Ministério da Saúde. Especificamente, foi indicada para esta avaliação de risco a metodologia desenvolvida pela Agencia de Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças (Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR) dos Estados Unidos da América (EUA).

Para a realização do primeiro estudo de avaliação de risco à saúde humana, utilizando a metodologia proposta pela ATSDR, no ano de 2002 na localidade Cidade dos Meninos, município de Duque de Caxias, a OPAS contratou a equipe de especialistas da Ambios Engenharia e Processos Ltda.

Naquela localidade uma unidade de produção de pesticidas organoclorados, cujas atividades haviam sido encerradas no final da década de 50, provocou a contaminação de compartimentos ambientais e da cadeia alimentar.

A partir do ano de 2002, a FUNASA, por meio da CGVAM - Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde, planeja a realização de estudos de avaliação de risco à saúde humana, usando a metodologia da ATSDR, em cinco áreas no Brasil com solos contaminados. Entre estas áreas encontra-se a localidade de Santo Amaro da Purificação, objeto do presente estudo.

A execução dos estudos de avaliação de risco à saúde humana nestas áreas, além de buscar soluções e recomendações de saúde para as populações expostas aos contaminantes, objetiva a adequação da metodologia da ATSDR às especificidades nacionais que resulte no desenvolvimento de uma metodologia nacional componente do SINVAS - Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde, e que possa ser integrada na atuação do SUS.

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

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES

1. ASPECTOS HISTÓRICOS DA REGIÃO

Os primeiros habitantes da região foram os índios Abatirás (PAIM,1994), que ocupavam toda a região do Recôncavo baiano. Os colonizadores penetraram na região em 1557, e perceberam a qualidade das terras para o plantio da cana-de-açúcar. A partir daí começaram as lutas para a expulsão dos nativos, que deu origem a Guerra do Paraguaçu, movida por Mém de Sá, que dizimou os índios que lá viviam e outorgou a sesmaria a seu filho Francisco de Sá .

Como Francisco morreu antes do pai, este doou as terras a sua filha, Felipa de Sá que casou com Fernando de Noronha, terceiro Conde de Linhares. Nesta época aquelas terras já eram ricas no cultivo da cana de açúcar e vários engenhos já estavam instalados naquela região. Com a morte de Dona Felipa e a ausência de herdeiros as terras foram doadas aos jesuítas.

A existência de engenhos na região acabou por atrair um grupo de pessoas (PEDREIRA,1977). Com o crescimento da população, é criada uma vila acima da margem do rio Subaé, junto a uma capela dos monges beneditinos, que faziam louvor a Santo Mauro (Santo Amaro, em português).

Segundo Paim (PAIM,1994), em 1878 existiam em Santo Amaro 129 engenhos de açúcar, sendo 92 movidos à vapor. Santo Amaro era um município com vocação predominantemente agrícola, mantido pelo trabalho escravo. Todavia, na história de Santo Amaro, estão registrados atos de apoio ao movimento anti-escravocrata.

Santo Amaro foi elevada a condição de cidade em 13 de março de 1837. Em 20 de outubro de 1961, o município foi desmembrado e hoje possui 4 distritos (PEDREIRA,1977)

2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DA REGIÃO

O município de Santo Amaro, abrangendo uma área de 604 Km², está situado no sul do recôncavo baiano e dista 73 Km de Salvador (Via Ba-026 e Br-324).

Os perímetros urbanos da cidade de Santo Amaro e das vilas de Acupe, Campinhos, Saúbara, sedes dos distritos dos mesmos nomes, foram definidos pelo Decreto municipal n.º 305, de 29/12/1969.

Segundo Pedreira (PEDREIRA, 1977), o município de Santo Amaro, dividiu-se nos seguintes distritos: Santo Amaro, Vila de Acupe, Vila de Campinhos, Vila de Saúbara.

No distrito de Santo Amaro esta situada a fábrica da COBRAC e o centro administrativo e histórico do município.

Santo Amaro faz limite com os municípios de Amélia Rodrigues, Conceição do Jacuípe, São Francisco do Conde, Maragojipe, Conceição de Feira, São Gonçalo dos Campos, e São Sebastião do Passe.

A maior parte do território santamarense, cerca de 2/3, apresenta relevo acidentado. O solo é constituído de massapé cretácio, de cor escura, folhelhos, arcóseos, siltitos, conglomerados/brechas, gnaisses charnockíticos, diatéxicos. É constituído de tabuleiros interioranos, baixada litorânea, tabuleiros do recôncavo, planícies marinhas e fluviomarinhas. Os solos são classificados como: Podzólico Vermelho-Amaerlo álico, Vertissolo, Latossolo Amarelo álico, solos indiscriminados de Mangue (manguezal), Podzol Hidromórfico, areias quartozas álicas e areias quartozas marinhas. (PEDREIRA,1977).

Possuí clima variável de seco a subúmido, com temperatura média anual de 25,4°C; máxima de 31°C e mínima de 21,9°C. A pluviosidade média anual é de 1.000 a 1.600 mm.

A bacia hidrográfica na região é expressiva, sendo os Rios Subaé, Traripe e Sergi Mirim, os mais importantes do ponto de vista deste estudo.

O rio Subaé, nasce na lagoa do mesmo nome, no município de Feira de Santana. Passa pelo arraial de Limoeiro, São Gonçalo dos Campos, Campinhos, recebe o riacho de Itaquarí, e penetra em Santo Amaro, onde recebe os afluentes Traripe e Sergi Mirim. Atravessa a cidade e encontra-se com o rio Pitinga recebendo o nome de Sergipe do Conde, onde vai lançar-se na baía de Todos os Santos, entre a cidade de São Francisco do Conde e a Ilha Cajaíba.

O rio Subaé é considerado um ícone, pelos santamarenses. A sua importância histórica e econômica data do período da colonização do estado da Bahia. Devido a sua navegabilidade, a bacia do rio Subaé serviu para os interesses do desenvolvimento econômico e comercial da região. Destaca-se também a sua relevância por ter sido usado como fonte de alimentos, sobretudo para a população que se instalou as suas margens.

Nos dias atuais, depois de ter sofrido a influência de inúmeros processos produtivos, que se instalaram próximos as suas margens e a ocupação desordenada do espaço urbano, observa-se que o rio Subaé sofre um gradativo e intenso processo de degradação, inclusive com a redução de sua carga de fornecimento de frutos do mar.

Em Santo amaro existem algumas lagoas, sendo as principais a Apicum, a Borda da Mata e Lagoa Grande. Existem ainda as ilhas Grande, Pequena, Cajaíba e a de Monte Cristo.

3. CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS E SÓCIO DEMOGRÁFICAS DA REGIÃO

A região do Recôncavo baiano sofreu a influência das ocupações militares, religiosas e da sociedade civil (ANJOS, 1998) e dos os ciclos econômicos do pau-brasil, cana-de-açúcar, pesca de baleia, fumo, farinha de mandioca, indústria têxtil, petrolífero, industrial extrativo, industrial de transformação, petroquímica e turismo (SENNA,1997 apud ANJOS, 1998).

Em Santo Amaro a cultura da cana-de-açúcar teve grande importância desde a sua colonização, com menor destaque para a mandioca, banana, arroz e frutas. O cacau também teve seu apogeu, mas a cultura não conseguiu vencer a praga conhecida como “vassoura de bruxa”.

O cultivo da cana resultou na produção de açúcar, melaço e aguardente. Até 1961 várias usinas de açúcar estavam instaladas em Santo Amaro. Com o declínio da atividade nas usinas, novos investimentos foram surgindo, como o ramo metalúrgico (Siderúrgica Santo Amaro S/A e a Fundação São José)

No município Estão instaladas duas indústrias de papéis, a INPASA - Indústria de Papel Santo Amaro S/A, que produz papel “kraft” e “semi-kraft”, à base de pasta de celulose, e outra, a BACRAFT S/A, inaugurada em 1972, que produz papel tipo higiênico e guardanapos, com celulose importada.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE, 2000), Santo Amaro tem uma população residente de 58.414 habitantes, sendo 49% homens e 51% mulheres. Existem na área rural 13.909 habitantes e na urbana 44.505 habitantes. O quadro abaixo apresenta o percentual de pessoas residentes, segundo a faixa etária. Segundo dados do IBGE (2000) a maior concentração da população está entre 10 a 39 anos de idade (Tabela I -1).

Tabela I -1: Pessoas residentes segundo faixa etária. Santo Amaro – Bahia.2000

FAIXA ETÁRIA/ANOS	HABITANTES	%
0-4	5.655	9.8
5-9	5.442	9.3
10-19	13.475	23.0
20-29	11.121	19.0
30-39	7.890	14.0
40-49	5.907	10.0
50-59	3.909	6.8
60 OU MAIS	5.015	8.0

Fonte: Censo 2000/ IBGE

Com relação aos indicadores demográficos, o Município de Santo Amaro apresentou a menor taxa de crescimento anual demográfico (0,85%), ficando a mesma bem abaixo da média nacional no período, que foi igual a 1,64% (IBGE, 2000) (ANEXO1). É interessante ressaltar que este município apresentou, no período, níveis de fecundidade mais elevados do que o Município de Salvador, sugerindo, desta maneira, que a emigração possa estar contribuindo para o baixo crescimento populacional observado. Esta hipótese é corroborada pela análise dos indicadores proporção de idosos na população e razão dependência, ambos apresentando valores superiores aos observados em Salvador. (ANEXO 1 e 2). Por fim, o Município de Santo Amaro apresenta grau

de urbanização inferior ao observado para o Brasil no mesmo período (76,2% vs. 81,2%) (IBGE, 2000) (ANEXO 1).

No Município de Santo Amaro, no ano de 2000, a proporção de pessoas alfabetizadas de 10 anos de idade ou mais era de 83,2%, valor inferior ao observado no Município de Salvador, embora ainda superando o valor observado para o conjunto do estado (ANEXO 1). No mesmo período a taxa de alfabetização para o conjunto do país foi igual a 87,2% (IBGE, 2000). No mesmo ano, o rendimento mediano dos chefes de domicílio no Brasil era de R\$ 350,00 reais, enquanto em Santo Amaro o valor observado foi de apenas R\$ 151,00 reais. Este município apresentou também elevada taxa de pobreza, com aproximadamente 8% dos chefes de domicílios mostrando rendimento mensal inferior a meio salário mínimo. A taxa de pobreza em Santo Amaro foi mais elevada do que a observada para o conjunto do estado (ANEXO 1). Este resultado apresenta-se coerente com a elevada proporção de adolescentes grávidas observada em Santo Amaro (32,1%), uma vez que já foi demonstrada a correlação deste indicador com a taxa de pobreza e com indicadores de desigualdade de renda (Szwarcwald et al., 2002b).

Em Santo Amaro no ano de 2001 a razão do número de leitos hospitalares vinculados ao Sistema Único de Saúde (SUS) era de 4,9 leitos para cada 1.000 habitantes, valor superior ao observado em Salvador e no conjunto do Estado da Bahia. Em 1999 a média nacional deste indicador era de 3 leitos para cada mil habitantes. Apesar desta razão elevada não existem leitos de UTI vinculados ao SUS em Santo Amaro. A rede ambulatorial de saúde deste município é primordialmente composta por unidades básicas de saúde, não sendo realizados procedimentos assistenciais de alta complexidade no município.

Em Santo Amaro existem 14.048 domicílios permanentes. Quanto ao abastecimento de água, apresenta-se o seguinte quadro: abastecimento de água de poço e/ou nascente: 1.230; abastecimento rede geral: 10.157 e outra forma de abastecimento: 2.661 domicílios.

4. HISTÓRICO DO EMPREENDIMENTO

Como assinalado no Laudo Pericial de Avaliação da Quantificação da Contaminação Ambiental e populacional por chumbo e cádmio no Município de Santo Amaro da Purificação - Estado da Bahia, (CUNHA e ARAÚJO, 2001), em 1960 foi instalada, a 2,5 Km na direção noroeste da cidade de Santo Amaro, a empresa COBRAC (Companhia Brasileira de Chumbo), subsidiária do grupo multinacional Penarroya, com o objetivo de produzir lingotes de chumbo, por meio de processos de sinterização e redução do sinter.

Segundo informações prestadas pelo ex-funcionário, Sr. Antonio Mario dos Santos Pereira, que exerceu diversas funções na fábrica, entre elas as funções de auxiliar de contabilidade, de setor, de pessoal, de almoxarifado e

controlador entre os anos de 1960 e 1965, a primeira fornada produziu 254 lingotes de chumbo, série 0000, em 12 de outubro de 1960.

Os procedimentos legais para localização, implantação e operação inicial não se encontram relatados nos arquivos dos órgãos ambientais, bem como grande parte da memória do empreendimento, desde a sua desativação. (ANJOS,1998)

Conforme estudo de OLIVEIRA, (1997), desde o início da sua operação a COBRAC, foi motivo de inúmeras reclamações dos moradores do local, que relatavam a morte de animais que pastavam nas cercanias da empresa. Segundo Anjos (1998 apud OLIVEIRA,1997) diz que nesta época o Dr. Hans F.K. Dittimar, realizou os primeiros estudos na área, elaborando um relatório técnico, que aponta a empresa como responsável pela contaminação dos compartimentos ambientais da área e morte dos animais.

A primeira solicitação para o fechamento da fábrica ocorreu em 1961, com base na infração do Decreto n.º 50.877 de 29 de junho de 1961, referente a poluição dos cursos d'água. Segundo OLIVEIRA (1977, p3), o prof. José Oscar N. Reis, apresentou um estudo, que evidenciou a contaminação do rio Subaé pela indústria.

Em outubro de 1980 o CEPRAM (Conselho Estadual de Proteção Ambiental), através da resolução 54/80, aprovada pelo decreto 27.605 de 09 de outubro de 1980, do Estado da Bahia, definiu um elenco de medidas para controle da poluição ambiental. Ainda no mesmo ano a empresa apresenta ao CEPRAM um documento onde apresenta soluções técnicas , acompanhadas de cronograma de execução.

Em 30 de abril de 1981, o CEPRAM (documento CEPRAM 54/80) aprova medidas a serem executadas pela empresa, define prazos de execução e fixa o limite de produção anual de chumbo refinado em 22.000 t/ano. Nesta época eram produzidas 19.351,6 t/ano (CUNHA, P.S.P. e ARAÚJO, P.S.P., 2001).

Em 1987 a Companhia Adubos Trevos, de Porto alegre, rio Grande do sul, associada a Companhia Paulista de Metais adquirem o controle acionário da empresa. Em 1989 a empresa é incorporada a Plumbum Mineração e Metalurgia S/A (OLIVEIRA, 1977).

Em 29 de novembro de 1991 a Plumbum solicita ao CRA, licença para operar. Em resposta, o CRA emite parecer que, para a liberação da licença de operação por três anos, a empresa deveria cumprir 27 condicionantes, dentre eles: controle de emissão atmosféricas e fugitivas; medidas visando impedir ou minimizar contaminações para o rio Subaé por efluentes de processo e arraste de metais por águas de chuva; caracterização da escória; monitoramento do lençol freático e do rio Subaé à montante e jusante, com envio mensal dos resultados para o CRA; medidas de controle para evitar o transbordamento dos tanques de decantação da escória; realização de estudos epidemiológicos; implantação de medidas de prevenção, controle, tratamento e restauração da

saúde dos indivíduos sob os efeitos da empresa; fornecimento de água para as populações que utilizem os mananciais subterrâneos, caso comprovada a poluição; auditoria semestral do CRA na empresa para verificação da implantação dos condicionantes acima listados. Em dezembro de 1993, a Plumbum encerra suas atividades em Santo Amaro.

4.1. PROCESSO METALÚRGICO UTILIZADO PELA PLUMBUM

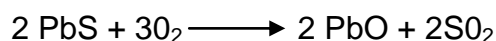
Além do transporte e estocagem, as principais emissões de poluentes metálicos pela usina da Plumbum ocorreram durante as etapas do processo metalúrgico, que consistia na ustulação e redução em forno de cuba realizadas em etapas de preparação da carga, sinterização, redução e refino. A seguir apresentamos, de forma resumida, a descrição das etapas do processo metalúrgico descritas por Oliveira (OLIVEIRA, 1977).

Preparação da Carga

Os concentrados de chumbo são misturados com os fundentes (calcário, areia e produtos ferrosos) e com materiais reciclados (pó coletado e escória) em proporções tais que permitam as melhores condições para a ustulação e a redução. A mistura cai numa correia transportadora que alimenta um misturador rotativo, onde são feitas a homogeneização e umidificação dos produtos. A carga é, então, modalizada e transportada para as máquinas de sinterização.

Sinterização

Consiste na ustulação da galena, para transformá-la em óxido;



A operação é realizada em máquina "Dwight Lloyd", utilizando um sistema de passagem de ar por insuflação, chamado de 'sinter soprador". A carga é alimentada por dois silos. O primeiro permite a formação de uma camada inicial chamada de acendimento, e o segundo alimenta a carga propriamente dita. A sinterização tem os seguintes objetivos:

(1) remover o enxofre na forma de SO_2 e SO_3 ; (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.

Redução

A fusão e a redução do sinter são efetuadas em um forno de cuba do tipo 'Water-Jackets'. O sinter, o coque, fluxos e materiais reciclados constituem a carga, que é alimentada pela parte superior do forno. Numerosas reações ocorrem, consistindo basicamente na redução de sulfetos e óxidos metálicos a metal elementar, pela ação de agentes redutores como o monóxido de carbono e o ferro.

Esquemáticamente temos:

- 1) $C + O_2 \longrightarrow CO_2 + \text{Calor}$
- 2) $C + CO_2 \longrightarrow 2CO$
- 3) $PbO + C + CO + \text{Calor} \longrightarrow Pb + CO_2$
- 4) $PbO + C \longrightarrow Pb + CO$

No final da operação obtém-se duas fases; uma metálica, denominada chumbo de obra, constituída de chumbo, cobre, arsênico, antimônio, prata, ouro e bismuto, e outra fase denominada escória, constituída basicamente de SiO_2 , FeO , CaO , Zn , S , pequenas quantidades de arsênico, antimônio e chumbo (1 a 3 %).

As duas fases se separam por decantação. A escória escoo através de um orifício de corrida existente na parte superior do cadinho, enquanto o chumbo é evacuado por um sifão existente na alvenaria do cadinho, indo para um pote de decantação, antes de ser encaminhado para a seção de refino.

Refino

Consiste em separar o chumbo das impurezas que juntamente com ele formam a fase metálica após a redução. Utiliza-se o processo térmico ou pirometalúrgico, que se desenvolve em várias etapas, utilizando-se panelões de aço, com capacidade de até 250 ton.

Decoperização

Seu objetivo é separar o cobre do chumbo e é feita em duas etapas. Na primeira fase baixa-se a temperatura do banho até um pouco acima do ponto de fusão do chumbo, ocasião em que é mínima a solubilidade do cobre no chumbo, formando-se crostas de cobre, que sobrenadam e são separadas por processo manual. As crostas cupríferas, contendo eventualmente níquel e cobalto, vão para uma instalação separada, para a obtenção dos 'mattes cupríferos' com 30 a 40% de cobre. Na segunda fase reduz-se ao mínimo o teor de cobre no chumbo pela adição de enxofre numa proporção de 1 kg/ton Pb. Novamente formam-se crostas na superfície do banho que são removidos por processo manual. A operação é descontínua e permite obter chumbo de obra com não mais de 100g de cobre por tonelada de chumbo.

Amolecimento

Consiste na eliminação do arsênico e do estanho e utiliza o princípio de que estes metais se oxidam mais facilmente que o chumbo. O chumbo decoperizado é bombeado para um forno de revérbero, onde é mantido a uma temperatura entre $700-800^{\circ}C$, injetando-se ar sob pressão através de tubos imersos no banho. Os óxidos formados tem baixa solubilidade e sobrenadam, formando uma escoria líquida cujos principais componentes são depois recuperados.

Desargentação

É feita pelo processo Parkes que se baseia na formação de compostos intermetálicos entre a prata e o zinco, que são combinações insolúveis no chumbo líquido. Numa primeira etapa o chumbo a desargentar é adicionado às crostas finais da operação anterior de desargentação. Após a dissolução destas, forma-se uma liga tripla Pb-Ag-Zn, rica em prata, que é separada para posterior recuperação da prata.

Numa segunda etapa adiciona-se certa quantidade de zinco, determinada em função da concentração inicial de Ag. Formam-se então, as crostas finais pobres em prata e ricas em zinco. Deixa-se então o banho resfriar até 35°C e as crostas vão sendo retirada na medida que se formam. O teor de prata é da ordem de 8 a 10 gramas por tonelada de chumbo.

Dezincagem (Dulcificação)

Utiliza-se o processo St. Joe Minerais Co. Consiste na destilação a vácuo do zinco, a temperatura de 600 °C e condensá-lo em forma sólida, sobre uma parede fria. A recuperação do zinco é de 95% e o teor residual é de cerca de 150 gramas por toneladas de chumbo. O zinco recuperado é reutilizado na operação de desargentação.

Desbimutagem (Processo Kroll Betterson)

Este processo assemelha-se ao processo 'Parkes' utilizado na desargentação, adicionando-se em lugar de zinco, cálcio e magnésio. Forma-se um composto Pb-Bi-Ca-Mg, reduzindo-se o teor residual do bismuto 50-150 gramas por tonelada de chumbo. O cálcio e o magnésio em excesso, são extraídos do chumbo por oxidação, por meio de oxigênio.

Lavagem final

O chumbo é finalmente lavado, atravessando uma camada de soda líquida. As últimas impurezas são, então, eliminadas, principalmente o antimônio e o zinco, além de liberar o chumbo fica completamente liberado de óxidos. O chumbo é, a seguir, lingotado. Os lingotes de aproximadamente 45 kg, estão dessa forma prontos para o consumo.

4.2. Tratamento dos Sub-Produtos

Crostas Cupríferas

As crostas cupríferas (10 a 25% de cobre) são tratadas em forno rotativo, onde, por simples fusão, obtém-se chumbo, mattes e escória. O chumbo retorna a decoperação e os mattes são estocados para venda.

Sub-Produtos do Amolecimento

As escórias do amolecimento são tratadas em forno rotativo, onde se obtém um chumbo antimonífero, comerciável após eliminação do arsênico.

Recuperação da Prata

A liga tripla obtida na desargentação é inicialmente desembaraçada de zinco por destilação. A liga Pb-Ag residual, é a seguir copelada, para eliminação do chumbo, sob a forma de litargírio. A prata obtida possui um título da ordem de 98%.

Recuperação do Bismuto

O composto resultante do processo de desbismutagem, Kroll Betterson é tratado com soda cáustica para eliminação de cálcio e magnésio. Obtêm-se desse tratamento, um chumbo bismutífero, contendo 5 a 15% de bismuto. O bismuto pode ser separado do chumbo, por processo eletrolítico ou anodo solúvel.

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

CAPÍTULO III

VISITA À ÁREA

VISITA À ÁREA

1. ESTRATÉGIA

A estratégia para a visitação da área foi implementada em três momentos:

1º Contatos prévios com os Secretários de Governo. Objetivos:

Esclarecer a finalidade do trabalho;

Solicitar a colaboração dos profissionais das secretarias;

Apresentar a equipe a outros interlocutores

Ter acesso aos dados de saúde de hospitais, ambientais, jurídicos

2º Contatos prévios com a Associação de Moradores, Trabalhadores. Objetivos:

Esclarecer a finalidade do trabalho;

Solicitar a colaboração, no sentido de facilitar o contato da equipe com os moradores e ex-trabalhadores;

Fornecer informações da área,

3º Execução de Atividades na área. Objetivos:

Levantar dados de saúde, sócio-demográficos, ambientais, históricos, geográficos, a partir de informações dos diversos atores sociais da comunidade

Entrevistar moradores e ex-trabalhadores para levantar a preocupação com sua saúde

Visitar instituições de ensino e saúde

4º Amostragem Ambiental

2. OPERACIONALIZAÇÃO DAS VISITAS

Antes de ser iniciado o trabalho de avaliação de risco à saúde da população em Santo Amaro, foi realizado no final do ano de 2002, uma oficina de trabalho sobre a metodologia da ATSDR, em Salvador, que contou com a participação de técnicos das áreas de saúde e meio ambiente de diversos estados brasileiros, inclusive com a presença de representantes de Santo Amaro e do Estado da Bahia.

Nesta ocasião foi realizada uma visita ao município de Santo Amaro onde, a equipe de assessores visitou a COBRAC, assistiu a apresentação dos estudos realizados em Santo Amaro, pelo Dr. Fernando Carvalho, da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e pelo Eng. José Ângelo Araújo, doutorando da Universidade de São Paulo (USP).

A equipe aproveitou a oportunidade para sensibilizar as equipes locais na participação da avaliação que seria realizada no mês de fevereiro de 2003.

A realização do trabalho teve início em 09 de fevereiro, quando a equipe retornou a Santo Amaro, contado com as participações de técnicos da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e da Secretaria de Saúde do Estado da Bahia (SES-Ba).

A equipe permaneceu na área por cinco dias, desenvolvendo atividades relativas aos aspectos de ordem administrativa e jurídica. Envolvendo portanto, diferentes instituições e atores sociais. Outro fator relevante, é o fato de que o problema vem sendo abordado, através de estudos acadêmicos, a mais de vinte e cinco anos. Todavia a preocupação com a saúde da população não se traduz, de forma efetiva, em ações que priorizem a assistência e o monitoramento de agravos específicos à saúde.

Houve uma reunião preparativa com o objetivo de apresentar a proposta metodológica desse estudo, aos parceiros institucionais que iriam funcionar, como agentes facilitadores. Estiveram presentes a reunião os Secretários de Saúde e de Planejamento, Meio ambiente e Expansão Rural de Santo Amaro, representantes da FUNASA (Brasília e Salvador) e Representantes da SES-Ba.

3. VISITA À FÁBRICA

O processo de produção da fábrica esta descrito no item II.4.1.

A visita à área da PLUMBUM aconteceu no segundo dia, nesta visita a equipe foi conduzida pelo Sr. Alberto Muniz (ex-funcionário/gerente da PUMBLUM), que trabalhou por trinta anos no empreendimento.

O que se pode observar é uma área abandonada, em parte delimitada por cercas de arame. É possível observar uma área em ruínas. As construções onde funcionavam os setores administrativos e de saúde da empresa estão fechadas e não houve autorização para acessar esses locais (Foto III-1 e Foto III-2)



Fotos III –1 e Foto III-2 : Vista das instalações atuais da Plumbum.

Segundo Anjos (1998), a usina é abandonada em janeiro de 1994, tendo o CRA tomando ciência desse fato através da imprensa. Foi então solicitado que fosse feita a caracterização da área, por meio de plano de disposição e monitoramento de águas subterrâneas.

Conforme cita Anjos em seu estudo:

“Uma quantidade significativa de análises para determinar a toxicidade da escória foi realizada pelo CEPED, a pedido do CRA, e pela SGS a pedido da Plumbum. Os resultados do CEPED, na grande maioria de amostras, caracterizava a escória como resíduo sólido perigoso, enquanto a da SGS, como resíduo não inerte. Este impasse levou o CRA e a Plumbum a requerer a realização de análises por laboratório independente, sendo contratada a CETESB. Todas as amostras analisadas confirmaram a toxicidade, ou seja, resíduo perigoso.” (ANJOS,1998).

Em 1994, foi autorizado pela juíza da Comarca de Santo Amaro, Dra. Maria do Carmo Tomazzi, que as demais instalações fossem alugadas para a fábrica de guardanapos Boka Loka Ltda., que em junho do mesmo ano, solicitava a visita técnica do CRA, para analisar e liberar as instalações para produção de guardanapos. As áreas em questão seriam os prédios e bacias de tratamento de efluentes.

Segundo Anjos (1998), a fábrica de guardanapos ocupa a área em 1995, sem fazer qualquer comunicado ao órgão ambiental. Por ocasião de uma visita de técnicos alemães e da UFBA à Plumbum, é constatada a presença de funcionários da empresa, que informaram que a área havia sido alugada. A empresa foi notificada pelo CRA para requerer a licença para operar e em 1996 o pedido foi encaminhado. Apenas em 1998, por não apresentar os documentos exigidos no processo de licenciamento e construção; e devido à utilização de bacias de rejeitos contendo escória de chumbo, o CRA determina que a empresa encerre suas atividades na área da Plumbum.

No local permanecem sucatas do maquinário antigo da fábrica, assim como, equipamentos da fábrica de guardanapos “Boca Loka” que foi transferida para outro município.

O piso, assim como o telhado de amianto, estão em péssimas condições; os equipamentos estão enferrujados; as grades de segurança, assim como o reboco e as escadas, estão em ruínas.

Os antigos fornos encontram-se sem qualquer proteção, o que pode ocasionar acidentes. Embora a área seja restrita à pessoal autorizado, não há como impedir a entrada de crianças, que por ventura queiram acessar o seu interior.

Durante a visita da equipe de avaliação de risco à saúde observou-se a presença de invasores com o propósito de colher frutas nas dependências da

Plumbum. A planta da fábrica está situada em um plano elevado em relação ao nível da rua e das casas ao redor.

É possível observar a presença de tanques de decantação ao ar livre, que recebiam as águas que eram utilizadas nos filtros. A borra era reaproveitada, bem como a água, que era jogada em um tanque de recirculação. Hoje pode-se observar os tanques cheios de água das chuvas e resíduos.

Na bacia de contenção ocorriam vazamentos constantes, por excesso de água proveniente do processo e por água da chuvas.

As águas que trasbordavam, corriam direto para o rio Subaé, por meio de uma canalização. Essas águas também corriam pela estrada de ferro, que passa na lateral da fábrica.

A cidade ocupou o Vale do rio Subaé, tanto nas margens do rio, como ao longo da linha de trilhos urbanos da Companhia Leste Brasileiro (SILVANY,1982).

Segundo relato do Sr. Muniz, foram enterrados vários tonéis de cádmio no terreno. A escória, espalhada nas áreas contíguas da fábrica, encontra-se, no momento, com cobertura vegetal.

4. VISITAS AO MUNICÍPIO DE SANTO AMARO

A partir de informações preliminares, a visita ao Município de Santo Amaro teve por objetivos a melhor compreensão de todo o processo produtivo da empresa, a confirmação de possíveis rotas de contaminação a partir de algumas informações no local e a análise dos registros históricos de atendimento pelos serviços locais. Procurou-se investigar o hábito alimentar, a existência de estudos clínicos ou de informações quanto a ocorrência de eventos mórbidos na população já investigada nas pesquisas anteriores e de alterações do desenvolvimento, prematuridade, abortos espontâneos e recém-natos de baixo peso.

4.1. A COMUNIDADE ATUAL NO ENTORNO DA PLUMBUM

A comunidade ao redor da fábrica tem algumas características arquitetônicas comuns, mas do ponto de vista sócio-econômico pode-se observar diferenças no perfil da população.

As residências ao longo da Av. Rui Barbosa, que é asfaltada, são na sua maioria de tamanho pequeno, constituídas de quatro cômodos. As portas são voltadas diretamente para a rua e as janelas são pequenas. A cobertura das casas são compostas de telhas de barro, embora algumas já tenham sofrido modificações tais como, aumento do número de cômodos, construção de forros ou lajes, varandas e mudança das telhas originais. Muitas das casas são geminadas, têm pequenos quintais, sem cobertura. Embora existam casas com pequenas áreas de cultivo familiar e criação de galinhas. É possível perceber que, provavelmente no início do século passado, estas casas mantinham um padrão uniforme.

Quando se observam as ruas transversais verifica-se que, nas proximidades da fábrica, elas são estreitas, sem calçamento. Os moradores do local as denominam de becos e não há indicação de nomes ou números.

Paralelamente à Avenida Rui Barbosa encontra-se o rio Subaé e, em seguida, a ferrovia. Nestas áreas também existem residências, com padrão sanitário e ambiental precários, tais como casas construídas de massapê

A escória produzida na Pumbum, 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. 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. O efeito sobre os níveis de chumbo da população de Santo Amaro foi amplamente estudado por Silvano Neto et al. (1984).

Foram entrevistadas pessoas da comunidade moradora no entorno da fábrica com relação a ocorrência de eventos mórbidos. Uma moradora de 59 anos, ali residente desde antes da instalação da empresa, referiu que as crianças moradoras sofriam muito com sintomas respiratórios, que ocorriam mesmo após a instalação da chaminé, associados com a poeira advinda da rua e dos caminhões ali estacionados cheios de minério.

Outra moradora, que ali se instalou após o fechamento da empresa, referiu que um dos seus filhos nascido após 1994, apresentou níveis de chumbo no sangue elevados. Nem ela ou seu marido tiveram qualquer contato com a empresa e não havia escória visível na casa. O solo exposto contaminado, desta forma, parece se configurar como uma importante fonte persistente de contaminação.

A Plumbum situa-se na região norte do Município e nesta direção, como foi observado na visita, o número de residências torna-se reduzido. Segundo dados já citados, as propriedades distando até 300 m da fábrica foram compradas pela empresa, tendo em vista as reclamações dos moradores.

No local denominado Estrada da Pedra ainda existem algumas propriedades rurais, destinadas a criação de gado de corte, leiteiro e atividade agrícola, com áreas de cultivo com objetivos comerciais.

A equipe de trabalho havia solicitado uma reunião com a população da localidade "Caixa d'Água", localizada nas proximidades da COBRAC. A reunião que havia sido agendada, por técnicos locais com os membros da Associação de Moradores, não foi realizada e, segundo informações transmitidas pelo técnico da Secretaria de Meio Ambiente e Expansão Rural, Sr. Francisco, a visita havia sido cancelada pelos próprios representantes da Associação

4.2. A COMUNIDADE DA COLÔNIA DE PESCA DE CAIEIRA

Os pescadores e suas famílias vivem em pequenas casas à beira do rio Subaé. As casas são de alvenaria, com pé direito baixo, com uma média de quatro cômodos, a iluminação natural e a ventilação são precárias. Essas residências são cadastradas na Marinha, pois ocupam terras em áreas de navegação.

Na década de 90 foi feito o calçamento da área e instalada água da empresa de abastecimento público, todavia, na maioria das residências a água encanada não tem força suficiente para chegar às caixas de água, o que faz com que as famílias tenham que retirar a água do encanamento da rua utilizando baldes e armazená-las em tonéis, para consumo próprio. Os quintais das casas são pequenos e fazem fronteira com áreas de manguezais.

Existe iluminação elétrica no local desde 1970. Existe rede de esgoto na localidade, mas as casas não tem ligação direta. Foi possível observar que em algumas residências, o esgoto corria à céu aberto nos quintais das casas.

Neste local foi instalada a estação de tratamento de esgoto da cidade e, em seu entorno, estão localizadas as casas dessa Colônia. O moradores informaram que, embora tenha recebido a informação de que esta instalação não iria causar transtornos a saúde e incômodos aos habitantes, hoje, vem sofrendo com o odor de fezes existente na área.

Essa população reivindica a construção de um posto de saúde no local, pois precisam sair da região para buscar assistência à saúde. Solicitam também a construção de posto policial, tendo em vista que na região existem roubos de casas e que a área também é usada como rota de fuga por pessoas que praticam roubos nas imediações.

Com relação a rota alimentos, foram entrevistadas pessoas de uma colônia de pescadores situada na região de mangue do rio Subaé, quanto ao consumo de crustáceos e peixes. Fomos informados que é hábito local dar “papinhas” de alguns mariscos e crustáceos específicos da região, entre eles o sururu, mapê e aratu, ou de peixe, para crianças a partir de 8 a 10 meses, em especial por tratarem-se estes de sua principal fonte de sobrevivência. No resto da cidade de Santo Amaro este hábito alimentar não se faz presente. Desta forma, esta população específica esteve e está potencialmente exposta ao chumbo, já que os estudos de avaliação ambiental realizados pela AMBIOS (AMBIOS,2003) mostraram contaminação dos crustáceos pelo chumbo. As informações de saúde referidas foram inespecíficas inclusive quanto a alterações do desenvolvimento.

Quando questionados sobre a qualidade da água do rio e da pesca, os pescadores informam que entre aproximadamente 1994 e 1995 o “mangue morreu” e agora já voltou a ter a exuberância de antes, todavia a quantidade e

a qualidade das espécies foram reduzidas. “Hoje é necessário andar mais, para se encontrar mariscos”.

5. REUNIÃO COM EX-TRABALHADORES DA USINA

Após agendamento prévio, foi realizada uma reunião com ex-trabalhadores da usina no Sindicato dos Metalúrgicos de Santo Amaro. A reunião foi realizada com a presença da equipe de assessores e representante da Secretaria de Meio Ambiente. A reunião foi iniciada com a presença de quinze trabalhadores, mas ao final esse número chegou à vinte e dois trabalhadores.

Por orientação da equipe, cadeiras foram dispostas em círculo. Após a apresentação nominal dos que lá estavam, houve a explicitação do motivo da reunião que era o de levantar informações sobre preocupações com a sua saúde.

Os trabalhadores, inicialmente, relataram os problemas que vêm enfrentado com as causas que estão em tramitação na justiça e demonstraram certa insatisfação pela demora na resolução de seus processos e os valores das indenizações.

Os trabalhadores apresentaram aos membros da equipe de avaliação vários laudos médicos com o diagnóstico de saturnismo. Havia queixas gerais de adinamia, fraqueza muscular e dor em membros inferiores e superiores, câimbras, irritabilidade e tonturas nervosismo, inapetência e cólicas abdominais. Alguns dos trabalhadores tiveram diagnóstico de Saturnismo confirmado.

Os objetivos da reunião foram retomados e a partir daí surgiram algumas preocupações, relacionadas a sua saúde, assim como, informações relevantes para o entendimento da percepção que os trabalhadores têm sobre a questão.

Algumas das informações levantadas, foram de relevância para confirmação de dados já investigados e outras esclareceram dúvidas existentes. Tais como: fábrica não tinha lavanderia e os trabalhadores levavam os uniformes para serem lavados em casa; a água que os funcionários bebiam ficava em um latão sem tampa; como não existia refeitório na empresa, os trabalhadores comiam suas marmitas no pátio. A mulher de um trabalhador disse que quando levava a marmita para seu marido, não o reconhecia, porque seu corpo ficava coberto com um substância de cor negra.

Os trabalhadores relataram que faziam exames de urina de 6 em 6 meses e os que apresentavam chumbo no sangue eram afastados. Todavia nunca receberam os resultados em mãos. O último exame foi realizado em dezembro de 1992.

Alguns trabalhadores relataram que haviam feito “acordos na justiça” e embora tenham recebido indenizações estas eram em valores inferiores aos acordados anteriormente, isto é, o acordado em juízo havia sido R\$25.000,00 e os valores recebidos eram de R\$15.000,00, 10.000,00 e 7.000,00.

As jornadas de trabalho eram de 12 horas, inicialmente, todos os dias da semana, até 1981. O adicional de insalubridade e por produtividade era concedido apenas aos trabalhadores da lingotagem.

Um trabalhador relatou alteração do paladar e quatro relataram ocorrência de baixo peso e malformações congênitas nos filhos. Ao entrevistar-se a esposa de um ex-trabalhador já falecido, que morava próximo a empresa, esta informou que de um total de 11 gestações, houve um aborto espontâneo, um natimorto, 3 nasceram com baixo peso e um prematuro. Informou também que três filhos morreram ainda crianças por “canseira no pulmão”. Referiu-se a estar bastante “envelhecida, com dor nos braços e pernas, flacidez nos músculos e abatimento” e que quando levava a marmita para seu marido só o reconhecia porque “conhecia o seu jeito” ao vir pegar a marmita na guarita da fábrica, porque “ele estava completamente preto, coberto de pó”. Todos os trabalhadores confirmaram o hábito de levar os filtros da fábrica para casa e a lavagem de roupas de trabalho em casa.

Os trabalhadores foram muito enfáticos em relatar que “têm dificuldades de arrumar outros empregos, devido ao chumbo no sangue” .

A realização dessa reunião atendeu as expectativas da equipe e verificou-se que os aspectos de saúde da população estão associadas a questões mais amplas, que remetem a preocupação com a qualidade de vida das pessoas.

6. ENTREVISTAS COMPLEMENTARES

Durante a viagem a Santo Amaro buscou-se também confirmar informações e esclarecer dúvidas suscitadas durante a leitura da bibliografia disponível, em especial a ausência de efeitos a saúde. Para isto foram entrevistados médicos pesquisadores da UFBA (Dr. Fernando Carvalho), e o médico responsável pelo serviço médico da empresa no período de 1975 a 1980 e que atuou como consultor da mesma no período de 1980 até 1990 (Dr. Ademário Galvão Spíndola).

Dr. Fernando Carvalho (UFBA) confirmou que não foram identificados efeitos clínicos sobre a saúde das populações estudadas durante as pesquisas realizadas pela universidade a partir de 1978. Foram identificados alterações subclínicas, de biomarcadores de dose e efeito. O único sintoma encontrado em maior proporção ao se comparar com populações controle foi anemia, nas crianças pesquisadas, que pode apresentar uma associação com a intoxicação pelo chumbo, embora não tenha sido possível estabelecer umnexo causal inequívoco devido a existência de fatores de confusão pelas características das condições sócio-econômicas da população. Foi também confirmado que não foram realizados estudos de avaliação do desenvolvimento psicomotor das crianças envolvidas assim como de monitoramento da população exposta para investigação e identificação de possíveis efeitos ou seqüelas de longo prazo.

Dr. Ademário Spíndola (SPÍNOLA,1975) nos informou do atendimento de trabalhadores na empresa, onde foi montado um serviço médico com laboratório para realização de ALA-U (1978) e chumbo no sangue (1980). Foram atendidos no ambulatório deste serviço vários trabalhadores com quadros gástricos e alterações hematológicas de intoxicação pelo chumbo. O serviço médico dispunha de medicação quelante para o atendimento de emergência dos casos de cólica saturnina que ocorriam.

Foi também referido que a empresa prestou assistência a comunidade conforme determinado pela justiça. Foi realizado um estudo em 400 crianças tendo como critério de seleção a moradia até 900 metros da empresa e a idade até 10 anos. Foi realizada avaliação pediátrica e neuropediátrica com radiografias de mãos e punhos. Segundo Dr. Ademário não foram encontradas alterações clínicas e neurológicas compatíveis com com intoxicação pelo chumbo e cádmio. Não foi realizada avaliação do desenvolvimento psicomotor. Não obtivemos acesso a todos estes dados de atendimento que encontram-se nos arquivos da empresa

7. VISITAS INSTITUCIONAIS

As visitas institucionais foram feitas, com o objetivo de levantar informações de saúde e ambientais.

Durante a visita ao município procurou-se levantar dados anteriores aos existentes nos bancos informatizados. Assim, foi realizado um levantamento dos prontuários dos setores de obstetrícia e berçário do Hospital Maternidade de Santo Amaro, referência do município para atendimentos obstétricos. Foram levantados todos os atendimentos obstétricos realizados durante um mês de cada ano no período de 1985 até 1993, sorteados aleatoriamente, para levantamento dos registros de parto prematuro, aborto e gravidez ectópica. Não haviam registros arquivados de atendimento obstétrico hospital anteriores ao ano de 1985. No setor do berçário foram investigados registros de baixo peso e malformações congênitas, a partir do ano de 1981 (não haviam anteriores) até o ano de 1992, cobrindo um período de 4 a 6 meses de cada ano. Foram também solicitados os registros históricos de atendimento ambulatorial e internação hospitalar da Santa Casa da Misericórdia, por especialidade que não nos foram disponibilizados.

Objetivando levantar informações de saúde, em prontuários, parte da equipe esteve na Santa Casa e no Hospital Maternidade de Santo Amaro. O detalhamento dessa atividade será descrito no capítulo de Implicações para a Saúde Pública.

Também houve uma visita ao Fórum da cidade, onde parte da equipe foi recebida pelo Dr. Itagildo (advogado), a fim de obter-se informações contidas em processos movidas contra a empresa. Na ocasião foram autorizadas vistas

de processos e cópia de partes dos mesmos, pela autoridade judiciária da Comarca.

O Dr. Itagildo informou que na escola municipal ocorre anualmente uma Feira de Ciências, aonde à convite da direção da escola, a Dra. Maria do Carmo Tomazzi, juíza da Comarca de Santo Amaro, realizou um debate onde informou não existir contaminação em Santo Amaro, proveniente da COBRAC. Segundo o advogado esta palestra esta gravada em vídeo. Ele informou ainda, que o perito do processo da COBRAC denunciava ao INSS que os trabalhadores aposentados por Saturnismo, não portavam esta doença, para forçá-los a desistir do processo de indenização.

Em relação a rota poeira/ar, houve preocupação especial com a população de ex-trabalhadores e a população residente até 900m no entorno da fábrica. Durante nossa visita ao município procurou-se contato com ex-trabalhadores e representantes da comunidade, em busca de relatos quanto a agravos a saúde e seqüelas da exposição ambiental aos contaminantes.

A equipe foi autorizada pelo presidente da APAE (Associação de Pais e Amigos de Excepcionais), a levantar informações nas fichas de atendimento de Santo Amaro. Foram analisadas algumas fichas, onde pesquisou-se o tipo de lesão que as crianças apresentavam e seus nexos causais.

Observou-se que os dados encontrados nas fichas não eram suficientes para determinar os fatores causais das patologias, tendo em vista que, as histórias pregressas de saúde da família e os dados sócio- demográficos, ambientais e ocupacionais dos pais não apresentavam detalhamento ou estavam ausentes.

Em visita a Secretaria de Educação, a equipe foi recebida pela Secretária de Educação que informou que os dados sobre o rendimento dos alunos, anteriores a 2001 foram queimados ou apagados dos arquivos.

Os fatos apontado acima, indica que trabalhar com dados secundários, como preconizado pela metodologia da ATSDR, pressupõe a existência de sistemas de informação organizados, atualizados e controlados pelos órgãos públicos, e com o controle social adequado.

As professoras são essenciais no trabalho de investigação do desenvolvimento infantil e o indicador de rendimento escolar seria relevante para essa investigação. Portanto a perda dessa informação é limitante para o estudo e demonstra a falta de compromisso social e ético.

Foi realizada uma visita a Indústria de Papéis da Bahia (IPB), cujo objetivo era identificar o processo de produção de papéis e determinar a qualidade de seus resíduos.

Os químicos, Pablo Brain e Vilma Maria Pereira, informaram que a IPB foi fundada no início de 1970, comprou a INPASA (Indústria de Papel de Santo Amaro) em 2002, que havia falido em 1998.

A indústria nunca produziu pasta de papel, talvez passe a produzir em 2005. Desde a década de 80 comprava a poupa branqueada. A outra indústria de papel instalada em Santo Amaro, BACRAFT, também não faz branqueamento.

Houve entre 1992 e 1993 a interdição da IPB. Isto provavelmente tenha uma relação direta com o que foi relatado pelos pescadores quando afirmaram que o mangue havia morrido entre 1994 e 1995.

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

CAPÍTULO IV

**PREOCUPAÇÕES DA POPULAÇÃO COM
SUA SAÚDE**

1. PROCEDIMENTOS UTILIZADOS

A equipe teve a oportunidade de entrar em contato pessoal com a população de moradores e antigos funcionários da fábrica através de visitas de campo, participação de reuniões e entrevistas.

Durante esse trabalho foram encontradas algumas dificuldades para realização do levantamento das preocupações da comunidade.

Populações que já sofreram o impacto de investigações, sobretudo, com a necessidade de se saber sobre suas vidas, seus hábitos, seus gostos e etc. mostram-se, depois de certo tempo, saturadas por estarem fazendo sempre a mesma coisa. Muitas vezes os resultados obtidos pelas investigações não retornam a população, o que pode gerar um convicção de estarem sendo atores passivos de um processo que nunca tem fim.

Em Santo Amaro encontramos uma população que vem sendo investigada a mais de vinte e cinco anos e que pouco ou nenhum retorno teve desses estudos. Apenas do ponto de visto jurídico houve um avanço relativo a situação a que foram expostos, mas com já apontado anteriormente, os acordos feitos geraram uma certa frustração.

Do ponto de vista da saúde, pode-se dizer que não houve avanço algum, pois ainda não foram criados protocolos específicos para o seu acompanhamento e é óbvio que há anos, já se sabe que esta é uma população que foi, está e sofrerá no futuro, as conseqüências da exposição ao chumbo e outros contaminantes como já demonstrados em estudos realizados anteriormente, que serão discutidos nos próximos capítulos e os que foram realizados pelos autores desse relatório.

Quanto a necessidade da determinação e implementação de metodologias e técnicas de trabalho com grupos populacionais, é desejável a sua adoção. Contudo, é importante que a metodologia de trabalho leve em consideração a especificidade de cada grupo, os ambientes disponíveis para sua realização e o momento adequado. Estes e outros fatores podem contribuir para motivação do grupo, apontando para o sucesso do trabalho.

Neste trabalho a equipe optou em fazer observações de campo e entrevistas abertas, tendo em vista a escassez de tempo, o pouco conhecimento prévio sobre a distribuição geográfica da área e das características da população. Os resultados obtidos, não atenderam integralmente aos objetivos propostos. Tal situação deveu-se provavelmente a organização e divisão da equipe para o desenvolvimento do trabalho.

Deve-se destacar também, o fato de que nas visitas à Colônia de Pescadores de Caieiras e nas residências próximas as fábricas, não houve agendamento prévio, isto sem dúvida pode ser interpretado como uma invasão ao direito de escolha da pessoa, embora a população tenha demonstrado receptividade.

Comparando-se os resultados da reunião realizada na Associação de Trabalhadores, que foi agendada previamente e teve a adesão espontânea dos ex-trabalhadores, com as outras visitas que foram sendo realizadas a partir das oportunidades e interesses da equipe de assessores e técnicos, pode-se afirmar que a primeira gerou informações mais detalhadas. Exceção deve ser feita às visitas institucionais e aos técnicos das áreas de saúde e meio ambiente, pois estes já haviam sido sensibilizados anteriormente.

2. CONCLUSÕES

As preocupações externadas pela população não se limitam apenas aos aspectos relativos à saúde. Existem outras questões, sobretudo de ordem jurídica, que surgiram nas conversas tanto com moradores como com ex-funcionários.

Questões sobre ambiente:

- Com a qualidade das águas do rio Subaé
- Com a quantidade e qualidade dos pescados.
- A retirada da escória da cidade.

Questões Jurídicas:

- A desapropriação de casas, próximas a fábrica
- A baixa remuneração das indenizações
- A discriminação para conseguir empregos – ex-trabalhadores não são admitidos em outras empresas

Questões sobre a sua saúde

- A ocorrência de doenças atuais e sua relação com a contaminação com o chumbo
- A ocorrência de doenças no passado e sua associação com o chumbo
- A falta de informação sobre resultados de exames feitos no passado
- A falta de interpretação dos resultados dos exames
- A falta de orientação sobre a saúde
- desejo de fazer exames para saber se estão contaminados
- A responsabilidade pelo tratamento dos doentes
- aumento do número de postos de Saúde
- Querem mais informações e acesso/direito a tratamento médico (Posto de Saúde para atendimento aos ex-trabalhadores)

Foi possível perceber que existe um pensamento bastante comum entre a população. A culpa por todos os problemas de saúde desde o mais simples, como uma solução de continuidade na pele, ao mais complexo, como uma doença mental ou um câncer, é atribuída ao chumbo.

**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. Os diversos estudos realizados indicam que as principais causas para a contaminação dos compartimentos ambientais devido às atividades da usina são:

- 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, subterrâneas e das populações residentes 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 considerar 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, desativada no ano de 1993, 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, no passado, 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, em 1988, a quantidade de escória estocada totalizava, segundo a própria indústria, 1.638 toneladas.

SANTOS (1995) avaliou os resultados de testes de lixiviação e solubilização da escória, realizados em laboratórios da CETESB e CEPED, para confirmar o seu grau de toxicidade. A maior parte dos resultados obtidos 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. De maior interesse para a avaliação de riscos a saúde humana, relataremos na tabela V - 1 os resultados obtidos pelo autor para os metais e pH nas amostras de solo superficial (0 – 10 cm).

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), ressalta a influência do pH na retenção dos metais pesados em solos argilosos e assinala a estreita relação das altas concentrações do chumbo e do Cádmio com valores alcalinos do pH. Concluiu que o pH básico é um dos parâmetro eficazes na retenção dos metais. Outro aspecto levantado pelo autor nos seus estudos indica que os solos na área piloto estudada apresentam textura predominantemente argilosa à muito argilosa.

Nos seus estudos realizados, ANJOS (1998), concluiu que, para a área da PLUMBUM, os parâmetros: potencial hidrogeniônico básico, altas percentagens de matéria orgânica, altas percentagens 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 *Águas 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 análise 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, 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 indicam a contaminação por Pb e Cd nas águas subterrâneas na área alagadiça e no início do zona de aterro.

ANJOS (1998) ressalta que as características do solo estão 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 análise de chumbo e cádmio em amostras de frutas e tubérculos coletadas na área da PLUMBUM (Tabela V - 4). Segundo a opinião destes dois peritos responsáveis pelo Laudo Pericial, os vegetais no sítio da PLUMBUM apresentam níveis de contaminação por chumbo e cádmio que excedem 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 o limite de 0,05 mg/L de chumbo em leite, 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: 0,30,3 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 tem 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 demonstram 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 pelo Prof. Fernando Carvalho (1978) comprovaram a exposição humana pelo consumo da 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 de 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

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.

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 charnockíticos, diatécicos.

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

Segundo Tavares (1990), a média geométrica das concentrações de chumbo no solo em distâncias de até 900 m 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 < 900 m, 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 credita esta diminuição às medidas reparadoras/mitigadoras, tomadas pela indústria. Segundo seus dados, o solo de urbano de Santo Amaro é do tipo argiloso e de pH em torno de 5,5,

Nos 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 à 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).

Este ponto de amostragem, apesar de não estar na direção dos ventos 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 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 de 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 afluência 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 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.

4.2. 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 a Santo Amaro da Purificação da equipe de avaliação, localizamos 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) relata 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 indicam a possibilidade de lixiviação e solubilização, principalmente do cádmio, induzidos pela água de chuva.

Dados levantados pelo 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 indicaram a presença dos metais chumbo e cádmio. Estes dados, no entanto, não especificam detalhes do procedimento analítico como, por exemplo, o limite de detecção.

4.3. 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 aos processos metalúrgicos utilizados pela usina, o chumbo e, em menor escala, outros metais são, inevitavelmente, emitidos para a atmosfera. Tavares (1990) relata 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 possui equipamento de controle das emissões atmosféricas para o setor de refino do metal, as quais são liberadas para o ar através de uma chaminé de 12 m, sem sistema de redução de poluição.
- emissões indevidas na chaminé de 12 m, a despeito da existência de um lavador *Venturi* e de um ciclone alternativo (para ai são enviados os gases provenientes da granulação da escória, do refino pirometálico 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 admite 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.

Entretanto, segundo o mesmo autor, a quantidade de material particulado de chumbo e cádmio lançados na atmosfera é difícil de ser mensurada, em razão da Plumbum não ter realizado medição da taxa de emissão para a atmosfera.

Tavares (1990) relata 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 15,5 m mas, por estarem localizadas numa baixada apresentavam uma altura relativa aos limites imediatos desta baixada de 1,8 a 3,0 m. 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 oito 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 relata 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 própria empresa (COBRAC, 1991), somente em 1982, a fundição direciona os gases dos processos 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 90 m. Dados citados por Tavares (1990) indicam 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, não computadas as emissões fugitivas.

Tavares (1990) realizou, em janeiro de 1989, coletas seqüenciadas, por uma semana, de material particulado atmosférico, fracionado por tamanho, em dois pontos da área habitada: a 526 m à montante e a 955 m à jusante da chaminé de 90 m 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 526 m 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 955 m. Os níveis de cádmio correspondentes foram de $0,35 \pm 0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 526 m (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 955 m. Pelos dados obtidos nos dois pontos de amostragem, a autora ressalta que a direção dos ventos predominantes tem baixa influência na carga de poluentes depositada.

No mesmo estudo, a autora conclui que as concentrações de cádmio e chumbo na atmosfera, dentro de um raio de 526 m, 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 penetração total nos alvéolos pulmonares.

Apesar de não haver analisado em seus estudos, Tavares (1990) demonstra sua preocupação com a possibilidade de emissão de outros metais. A autora assinala a ocorrência de moléculas de vapor, núcleos ou resultado de reações

no próprio filtro de coleta dos particulados, que não seriam retidos pelos dispositivos de retenção instalados na empresa. Citando resultados de estudos de Mojtahedi (1987), ela levanta a hipótese de que parcelas dos metais, sob a forma gasosa, proveniente dos processos de combustão, poderiam não condensar durante o resfriamento e alcançar diversas alturas da chaminé. Devido às altas temperaturas nos processos metalúrgicos (700 – 900°C) metais como Cd, Hg e Pb deveriam estar totalmente volatizados e o zinco apenas parcialmente.

4.4. Outros compartimentos

4.4.1. Gramíneas

Considerando a possibilidade de sua migração para a cadeia alimentar através da ingestão direta 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 10 Km 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 avaliou como contaminadas as gramíneas nas áreas amostradas.

4.4.2. 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 preliminar na região da Galícia, na Espanha, a autora relata que a média geométrica (22,0 µg/dL) encontrada no sangue dos bois do grupo Exposto em Santo Amaro é superior em 55,5% a este valor.

4.4.3. 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.

Além disso, durante os contatos realizados pela equipe de avaliação de risco com ex-trabalhadores da usina, fomos informados que todos os trabalhadores confirmaram o hábito de levar os filtros da fábrica para casa e a lavagem de roupas de trabalho em casa.

AValiação DOS DADOS AMBIENTAIS ANTERIORES

1. Considerações gerais

Segundo a metodologia da Agency for Toxic Substances Disease Registry (ATSDR), para a realização de estudo de avaliação de risco faz-se necessária a disponibilização de dados ambientais e humanos referentes a contaminação estudada, de maneira que se possa realizar uma avaliação precisa da contaminação e, com base nestes dados, determinar o seu risco para a saúde humana.

A partir dos 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 inadequações que impossibilitam a determinação dos contaminantes de interesse e, como consequência, impedem a determinação precisa de todas as rotas de exposição.

Os dados ambientais apresentados no Estudo Pericial (CUNHA & ARAÚJO, 2001), devem ser analisados com ressalvas. Apesar de cobrir quase todos os compartimentos ambientais e apresentar um grande número de amostras, os dados não assinalam localização exata das coletas, metodologias analíticas utilizadas, limites de detecção, procedimentos de garantia e controle de qualidade, nem procedimentos de coleta. Afora isto, como os demais dados avaliados, limitam suas avaliações aos metais chumbo e cádmio. Desta forma, estes dados não atendem aos preceitos recomendados pela ATSDR e, mesmo com estas ressalvas, foram relatados como fonte de informação na avaliação de riscos à saúde humana em Santo Amaro da Purificação.

Os dados ambientais na área da PLUMBUM são numerosos, cobrindo quase todos os compartimentos e, geralmente, de boa qualidade. No entanto, não cobrem todos os contaminantes de interesse.

Os dados existentes, e que foram revistos pela equipe de avaliação de risco, não consideraram todos os contaminantes (metais pesados) contidos na matéria prima (concentrado de minério de chumbo proveniente de Boquira e importado), bem como os contaminantes 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 constata 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 temos indicativos precisos sobre sua presença nos concentrados de minério manipulados em Santo Amaro. Minérios sulfetados apresentam teores diversos de mercúrio. No entanto, a presença deste contaminante – pelo menos no minério de Boquira – é comprovada pelas preocupações externadas por Anjos (1998) na sua tese de mestrado, onde recomenda” *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) demonstra sua preocupação com a possibilidade de emissão de outros metais. Citando resultados de estudos de Mojtabedi (1987), ela levanta a hipótese de que parcelas dos metais, sob a forma gasosa, proveniente dos processos de combustão, podiam não condensar durante o resfriamento e alcançar diversas alturas da chaminé. Devido às altas temperaturas nos processos metalúrgicos (700 – 900°C) metais como Cádmiu, mercúrio e chumbo deveriam estar totalmente volatizados 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 são 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 fossem preenchidas, seriam apontadas no relatório de avaliação de risco à saúde, resultando num relatório 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) e por Tavares (1990). As medições realizadas pela PLUMBUM, além das deficiências técnicas da metodologia utilizada, somente realizava medições de chumbo. Os estudos de Tavares (1990), apesar de muito bem estruturados e com perfeição metodológica, 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 à 900 metros da COBRAC, à jusante, e outro à 500 metros, 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, nem 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 500 metros antes da emissão de seus efluentes) oferece uma referência para avaliação. O outro próximo 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. Estas amostragens, realizadas no ano de 2000, 7 anos após o encerramento das atividades da usina, portanto, não representam 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 pelo Prof. José Oscar Nogueira 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) é um importante dado histórico sobre a contaminação das águas do rio Subaé devido às emissões da PLUMBUM. No entanto, por somente medir 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) representam dados insuficientes para o estudo de 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 realizados por Costa (2001), de grande importância para se determinar a dispersão destes contaminantes, teve um planejamento de amostragem que não determina a contaminação do solo na área urbana, densamente povoada e de maior interesse quanto às possíveis rotas de exposição humana. É compreensível a opção da autora, já que levava em consideração nos seus estudos a direção dos ventos predominantes.

Desta forma, o único ponto amostrado na área urbana foi realizado no Patronato São José, distante aproximadamente 1 Km da PLUMBUM. Este ponto de amostragem, apesar de não estar na direção dos vento

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 900 metros da usina. Ela reporta 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 dificulta a avaliação dos dados e sua comparação com resultados recentes.

2.4. Alimentos

Quanto à biota aquática comestível, 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 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.

Os resultados dos estudos em amostras de moluscos (UFBA, 1996), nas localidades São Brás e São Francisco do Conde representam 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 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 assinala 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 indicam que os alimentos porventura produzidos na área da PLUMBUM continuam contaminados. Por outro lado, observa-se com os dados obtidos pelo Estudo Pericial que os alimentos em áreas vizinhas, fora da usina, já não apresentam concentrações de risco, para os metais chumbo e cádmio, para consumo humano.

Nos mesmos pontos onde realizou suas coletas de solo, Costa (2001) também realizou análise de chumbo e cádmio em amostras de gramínea. Em todos os pontos de coleta a concentração de chumbo esteve 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) está, portanto, 4 vezes acima daquele limite proposto.

Segundo a autora dos estudo, 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 relacionados à áreas contaminadas. Costa (2001), citando Hutzinger (1980), estima entre 0,03 e 0,3 ppm (0,03 – 0,3 µg/g, peso seco) a faixa normal de concentração de Cd 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, no contexto de um estudo de impacto ambiental contratado pela Petrobrás, analisa 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. Ou seja, apesar de conter a maioria dos contaminantes de interesse – com exceção de antimônio, zinco e mercúrio -, as amostragens não incluíram os sedimentos do rio Subaé na área de Santo Amaro da Purificação

De qualquer maneira, é interessante avaliar os resultados dos metais pesados nas localidades de São Braz e São Francisco do Conde, que estão sob influência direta dos sedimentos carregados pelo rio Subaé. Concentrações em µg/g peso seco (ppm).

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 com 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, impõe 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, contendo todos os potenciais contaminantes de interesse.

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

3.1. Solo Superficial

Como se observa das 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 nos ambientes urbanos de Santo Amaro.

3.2. Sedimentos

Pelos dados anteriores avaliados foi necessária 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 – Foi necessária a amostragem e análise de alimentos vegetais nas imediações da COBRAC (até 1 Km da usina).

Moluscos - Foi necessária 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 - Foi necessária 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

Foi necessária 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 diretas de metais pela PLUMBUM, desativada em 1993, ocorreram através 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, de forma esquemática, as diversas formas de emissão de metais pesados pela metalúrgica de chumbo em Santo Amaro da Purificação.

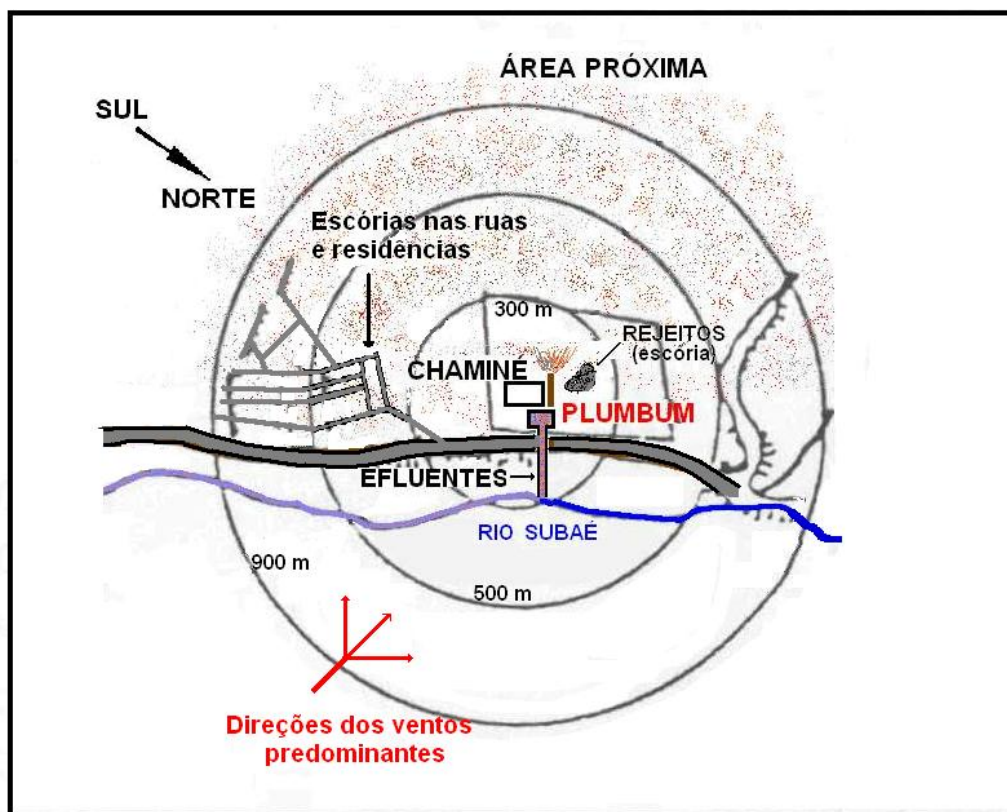


Figura V - 1: Contaminação atmosférica, do solo, das águas e da biota pelas emissões da metalúrgica PLUMBUM em Santo Amaro da Purificação – Ba.

Segundo a metodologia da Agency for Toxic Substances Disease Registry (ATSDR), para a realização de estudo de avaliação de risco faz-se necessária a disponibilização de dados ambientais e humanos referentes a contaminação estudada, de maneira que se possa realizar uma avaliação precisa da contaminação e, com base nestes dados, determinar o seu risco para a saúde humana.

Os dados 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 inadequações quanto aos requisitos 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, segundo os critérios da metodologia de avaliação de riscos da ATSDR. 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 deste capítulo. As tabelas comparativas dos resultados dos laboratórios de análise, que permitem a garantia de qualidade dos dados, são apresentados no ANEXO V-3 deste capítulo.

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 podem 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 de qualidade duvidosa 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, a equipe de avaliação de risco optou 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 nova proposta de valores de qualidade do solo e da água subterrânea.

A característica principal dessa proposta é a criação de três valores distintos de qualidade (STI) 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 os dois primeiros 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.

Para o valor de referência para as substâncias naturalmente presentes no solo, utilizou-se os valores 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.

Para algumas substâncias o valor de referência depende do tipo de solo, tendo sido encontrada correlação significativa com o conteúdo de argila e de matéria orgânica. A partir dessa correlação foram estabelecidas fórmulas, por meio de equações de regressão para estabelecimento dos valores S, de acordo com os teores dos parâmetros acima citados.

Devido às características do solo em Santo Amaro da Purificação, já reportadas no capítulo “Dados Anteriores”, a equipe de avaliação de risco à saúde humana decidiu utilizar para os solos na área da PLUMBUM o valor de intervenção, 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%.

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)

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 de avaliação de risco, 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.

Os resultados recentes (março, 2003) das análises laboratoriais em amostras de solo superficial coletadas pela equipe de avaliação de risco à saúde na área da PLUMBUM, bem como a comparação com os valores de referência adotados são apresentados na tabela V - 8.

Tabela V - 8: Definição dos contaminantes de interesse em solo solo superficial a partir de dados recentes

PARÂMETRO	Concent Minima (mg/Kg)	Concentr Máxima (mg/Kg)	Média Aritmética (mg/Kg)	I ¹ (HOLANDA)	CONTAMINANTE DE INTERSSE?
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	SIM
Mercúrio	0,464	0,685	0,18	10,0	NÃO
Níquel	16,0	27,0	16,7	210	NÃO
Zinco	0,05	78,2	68,3	720	SIM

Fonte: AMBIOS (2003)

ND – Não detectado com a metodologia analítica utilizada

Observações: 1- Valor limites para intervenção, segundo a legislação holandesa

Levando-se em consideração a comparação dos resultados com os valores de Intervenção, estabelecidos pela legislação holandesa, os metais **cádmio, chumbo, cobre 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 da FUNASA/MS.

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 limites estabelecidos pela Portaria 1.469 da FUNASA/MS (Pb: 0,01 mg/L; Cd:0,005 mg/L), bem como os respectivos valores de referência para cada metal.

Pelos dados existentes, as concentrações dos metais chumbo e cádmio estão acima dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 1.469 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 da FUNASA/MS.

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 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. 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, causa estranheza.

2.4.1.2. Avaliação dos dados existentes

O Estudo Pericial (CUNHA & ARAÚJO, 2001), encomendado pela Comarca de Santo Amaro da Purificação, 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 assinalam 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

A bacia Hidrográfica do rio Subaé apresenta área de drenagem de 580 km² e 46 km de extensão desde o município de Feira de Santana até sua foz na Baía de Todos os Santos. Seu afluente principal é o rio Sergi. No estuário, o rio Subaé se bifurca, formando a ilha da Cajaiba — cujo canal principal apresenta extensão aproximada de 10 Km e o canal de São Brás. de 7,5 km.

Na Cidade de Santo Amaro, região do Baixo Subaé, início da área estuarina, predominam a vegetação de mangue: mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) e o mangue branco (*Laguncularia racumphora*).

O enquadramento para as águas do rio Subaé e seus afluentes foi estabelecido em 1995, sendo o trecho compreendido entre sua nascente, no município de Feira de Santana, e a zona estuarina (sul da cidade de Santo Amaro) classificado como classe 2, da zona estuarina até a sua foz na Baía de Todos os Santos na classe 7.

Segundo o CRA (2000), O rio Subaé é fortemente impactado pelas emissões, sem qualquer tratamento, das águas servidas das residências, indústrias, hospitais, estabelecidas ao longo de todo seu percurso. No seu médio curso e zona estuarina, o rio Subaé recebe contribuições de matadouros, efluentes sanitários e indústria de papel. Estas emissões têm provocado a redução da biodiversidade e da produtividade aquática local. A instalação da PLUMBUM foi agravar esta situação.

3.1.1. Valores de referência

Como valores de referência foram utilizados os “níveis limites de efeito” (TELS = Threshold effects), 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 = Threshold effects levels (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, nos 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.

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 S.F. Conde	119 62,2	1,19 0,189	----- 8,31	3,18 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)

Observa-se que as concentrações de chumbo e cádmio encontradas são superiores aos limites propostos pela USEPA.

A equipe de avaliação de risco à saúde da AMBIOS coletou 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.

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.

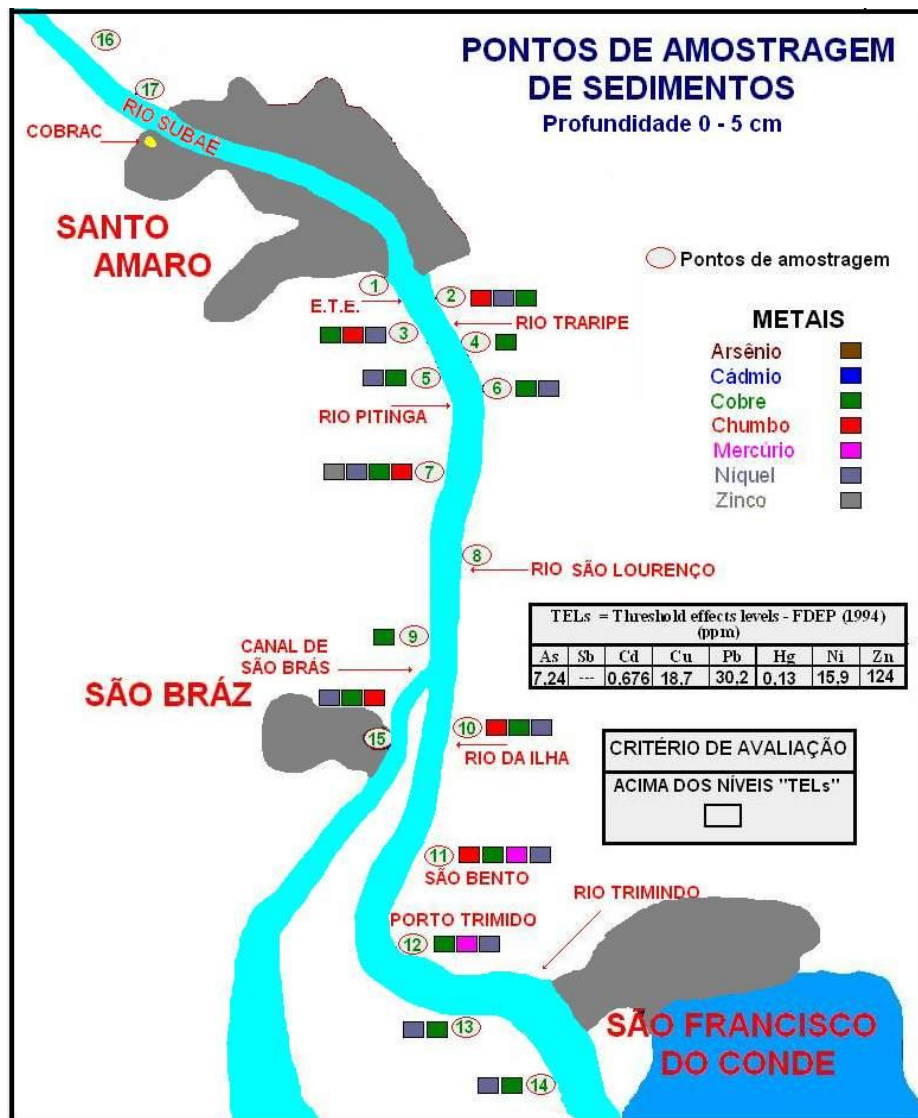


FIGURA V-2 : Distribuição de metais em sedimentos superficiais (0 – 5 cm).

Pelos resultados obtidos, observa-se que os metais pesados **cádmi**, **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, observa-se também a semelhança entre os resultados deste estudo com aqueles obtidos pela UFBA, principalmente nas amostras dos sedimentos coletados na localidade de São Braz.

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.

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: Concentrações de metais e definição de contaminantes de interesse em sedimentos do rio Subaé.

Parâmetro	Dados anteriores		AMBIOS (2003)		Referência	Avaliação
	Conc. mínima (mg/Kg)	Conc. máxima (mg/Kg)	Conc.. mínima (mg/Kg)	Conc. máxima (mg/Kg)	EPA 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)

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 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 S.F. Conde	1,36 ²	0,86 ²	0,677 ²	2,54 ²
	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 deverá concentrar-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.

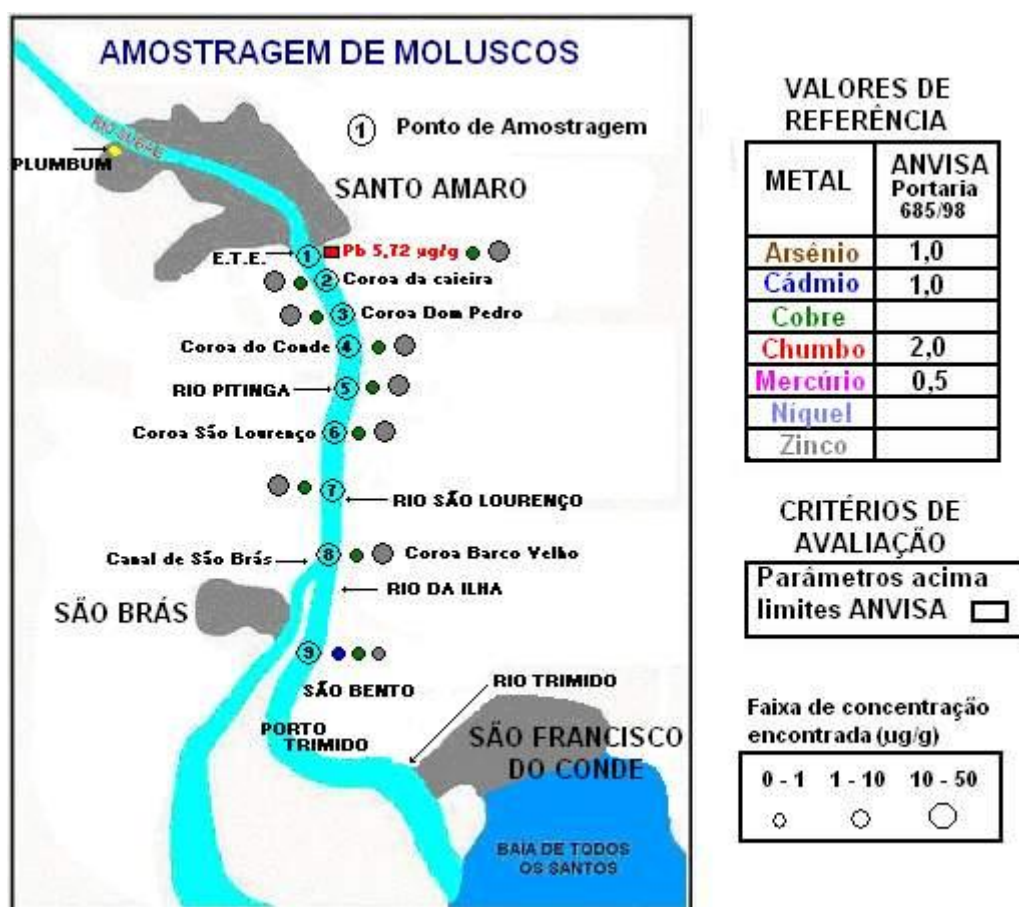


Figura V-3: Distribuição dos contaminantes de interesse em amostras de *sururu*

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

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** 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 do arsênio 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 quem em concentrações abaixo dos valores de referência.

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)

4. FORA DO FOCO PRINCIPAL

Devido às deficiências já assinaladas quanto à qualidade dos 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. Os dados anteriores e os resultados deste estudo, bem como suas avaliações quanto aos contaminantes de interesse são apresentados a seguir.

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.

Além dos alimentos a seguir relatados, foram planejadas coletas de amostras de carne bovina. No entanto, conforme as informações coletadas junto a criadores locais, confirmadas por funcionários do Abatedouro Municipal de Santo, os bovinos abatidos em Santo Amaro são trazidos para esta cidade somente para a “engorda” final, dois ou três meses antes do abatimento. Desta forma, as amostras coletadas junto ao abatedouro não são representativas de uma possível contaminação deste animais nas pastagens do município e, seus resultados, poderiam gerar conclusões falsas.

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 das análises 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, impedem a comparação com os resultados recentes. O Estudo Pericial (2001) realizou análise em amostras de frutas (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 utilizado. 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 e também pelo consumo por seus moradores. Os resultados da amostragem e análise são apresentados na tabela V-15.

Tabela V-15: Concentrações de metais em amostras de manga 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	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 equipe de avaliação de risco coletou e analisou amostras de banana por 3 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 (empresa de papel – depois citarei maiores detalhes), situada ao norte, em direção dos ventos predominantes.
- 3 – O cultivo intenso, principalmente na área de invasão da indústria de papel BACRAFT S/A, permite sua comercialização nas feiras de Santo Amaro e localidades vizinhas. Os resultados da amostragem de banana são apresentados na tabela V-16.

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)

Os resultados apresentados não indicam **contaminantes de interesse** para este vegetal.

4.1.1.4. Avaliação sobre a exposição por vegetais comestíveis

Apesar das concentrações de metais nas amostras de vegetais comestíveis coletadas nas proximidades, fora da PLUMBUM, estarem dentro das normas estabelecidas pela Portaria ANVISA 685/98, no caso do chumbo, devem ser levadas em consideração, principalmente para as populações expostas a outras rotas de exposição.

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, 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: Concentrações de metais em amostras de leite bovino 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?
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 buscava-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 1469 da FUNASA/MS. A tabela V-18 apresenta os principais resultados e sua avaliação quanto aos valores de referência.

Tabela V-18: Concentrações de metais em amostras de água subterrânea coletadas, em Santo Amaro, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.

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 atingem os aquíferos de captação. Esta situação pode decorrer 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 constatado **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, afóra 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 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 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
Merúrio	0,3	5,2	10,0
Níquel	35	123	210
Zinco	140	430	720

Fonte: CETESB (1999).

4.3.2 Avaliação dos resultados

A equipe de avaliação de risco realizou amostragem em solo da área assinalada. A localização dos pontos de amostragens e as concentrações dos metais em cada ponto pode ser observada na figura V-4. A tabela V-20 apresenta os principais resultados, sua comparação com os valores de referência e a determinação dos contaminantes de interesse.

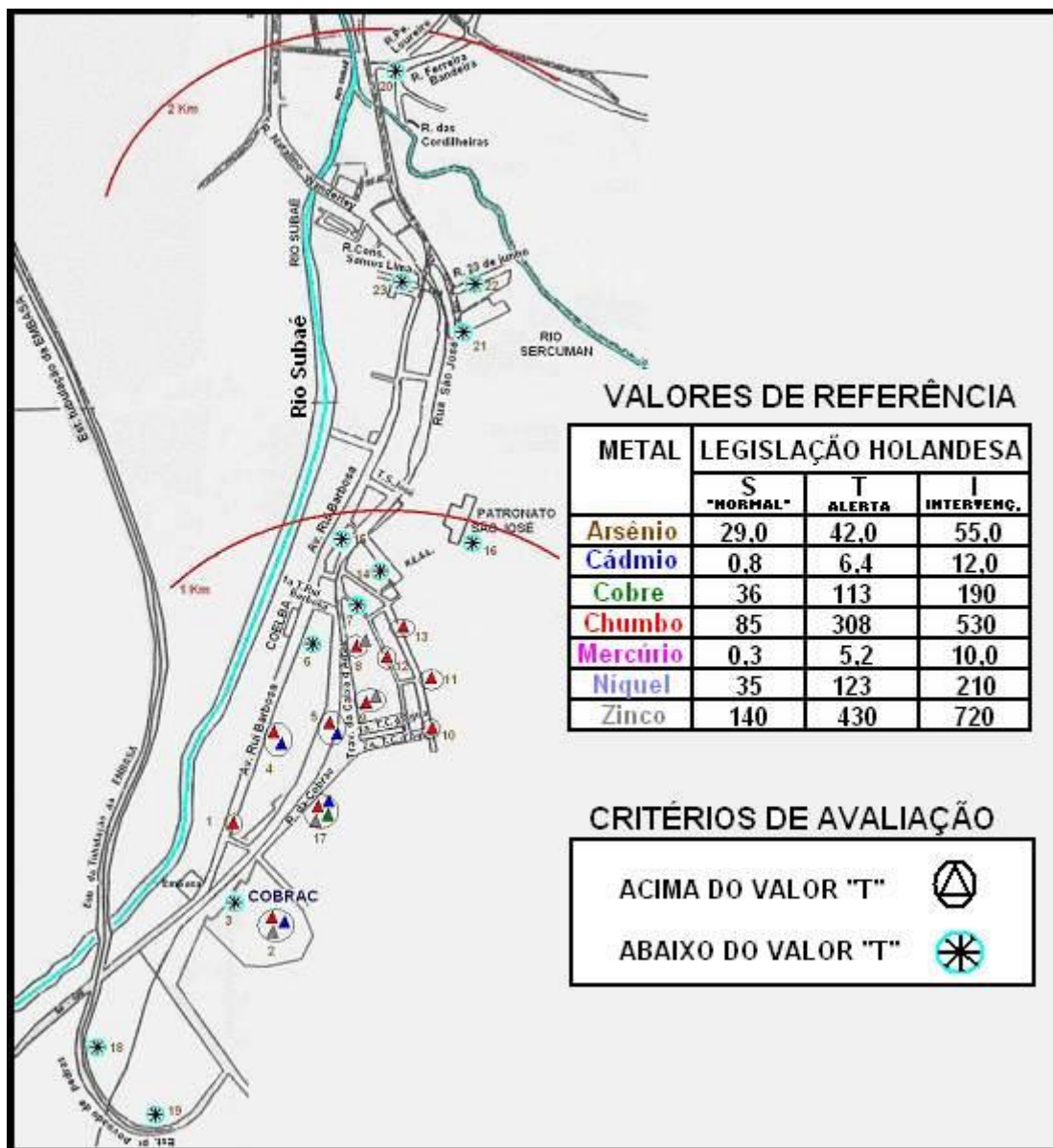


Figura V-4: Distribuição dos metais em amostras de solo superficial em Santo Amaro coletadas em pontos situados até 2 Km de distância da PLUMBUM

Tabela V-20: Concentrações de metais em amostras solo superficial coletadas, em Santo Amaro, valores de referência e avaliação dos contaminantes de interesse.

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.

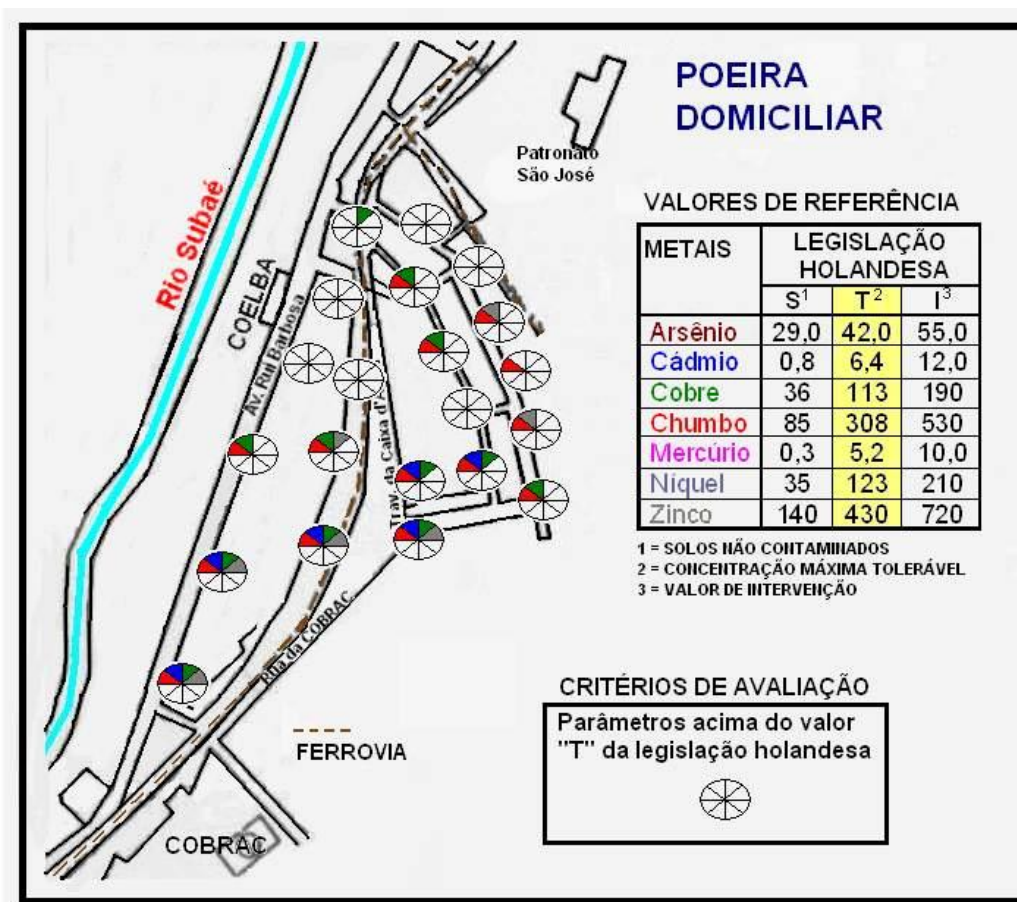


Figura V-5: Desenho esquemático da distribuição das concentrações de metais pesados em amostras de poeira domiciliar coletadas em residências de Santo Amaro da Purificação – Ba.

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	530	SIM
Cádmio	ND	40,9	12	SIM
Cobre	38,7	448	190	SIM
Níquel	ND	115	210	NÃO
Zinco	74,8	5.510	720	SIM
Antimônio	ND	47,8	----	NÃO
Arsênio	ND	7,44	55	NÃO
Mercurio	ND	0,739	10	NÃO

Fonte: AMBIOS (2003)

Conforme se observa nos resultados obtidos, os metais **chumbo, cádmio, cobre 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.

ANEXO V-1: PROTOCOLO DE AMOSTRAGEM

Equipe de amostragem:

Supervisão: Dr. Alexandre Pessoa da Silva (AMBIOS)

Eng^a. Daniela Buosi (CGEVAM/FUNASA)

Dr. Gregório Herling Alonzo (CGEVAM/FUNASA)

Químico Giancarlo Meneghelli (AMBIOS)

Farm.Bioq. Kleber Raimundo Freitas Faial(Instituto Evandro Chagas)

Técnico em Mineração Severino Ramos Marques de Lima (CETEM)

1. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE AMOSTRAGEM

a) PLUMBUM

Durante a visita da equipe de avaliação de risco à usina metalúrgica, o que se pode observar é uma área abandonada, em parte cercada por cercas de arame. O acesso se dá pela Av. Rui Barbosa, uma das principais vias de saída e entrada do Município de Santo Amaro. Para se ter acesso ao portão principal da fábrica é necessário entrar pelo chamado “Beco da PLUMBUM”.

Hoje é possível se observar uma área em ruínas, as construções onde funcionavam os setores administrativos e de saúde da empresa estão fechados e não houve autorização para acessar esses locais.

No local permanecem sucatas do maquinário antigo da fábrica, assim como, equipamentos da fábrica de guardanapos “Boca Loka”, que foi autorizada a funcionar no local, por medida judicial, após o fechamento da PLUMBUM.

O piso, assim como o telhado de amianto, estão em péssimas condições; os equipamentos estão enferrujados; as grades de segurança, assim como o reboco e as escadas, estão em ruínas. Em vários setores da área construída observam-se fadigas estruturais, com claro risco de desabamento.

Os antigos fornos encontram-se sem qualquer proteção, o que pode ocasionar acidentes. Embora a área seja restrita à pessoal autorizado, não há como impedir a entrada de crianças, que por ventura queiram brincar no seu interior.

A planta da fábrica esta situada em um local de relevo, portanto, fica acima do nível da rua e das casas ao redor. É possível observar a presença de tanques de decantação, cheios de água das chuvas e resíduos. A escória espalhada nas áreas contíguas da fábrica encontra-se, no momento, com cobertura vegetal.

b) Áreas urbanas no entorno da PLUMBUM

A comunidade ao redor da fábrica tem algumas características arquitetônicas comuns, mas do ponto de vista sócio-econômico pode-se observar diferenças significativas.

As residências ao longo da av. Rui Barbosa, que é asfaltada, são na sua maioria de tamanho pequeno, constituídas de quatro cômodos. As portas são voltadas diretamente para a rua e as janelas são pequenas. A cobertura das casas são compostas de telhas de barro, embora algumas já tenham sofrido modificações tais como, aumento do número de cômodos, construção de forros ou lajes, varandas e mudança das telhas originais. Muitas das casas são geminadas, têm pequenos quintais, sem cobertura. Embora existam casas com pequenas áreas de cultivo familiar e criação de galinhas.

A avenida Rui Barbosa é asfaltada, mas não há calçadas entre a avenida e as casas, o piso é de terra. Quando se observam as ruas transversais verifica-se que, nas proximidades da fábrica, elas são estreitas, sem calçamento. Os moradores do local as denominam de becos e não há indicação de nomes ou números.

Paralelamente à Avenida Rui Barbosa encontra-se o rio Subaé e, em seguida, a ferrovia. Nestas áreas também existem residências, com padrão sanitário e ambiental precários, tais como casas construídas de massapé.

Deve ser destacado que em todos os estudos realizados pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) foi destacada a presença de escória de chumbo nas ruas, nos terrenos das casas, na construção de alicerces de casas.

2. AMOSTRAGEM

2.1. Premissas para o plano de amostragem

As emissões diretas de metais pela PLUMBUM ocorreram através 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 preocupação central da amostragem ambiental nos estudos de avaliação de risco recai sobre os compartimentos ambientais que possam representar rotas de exposição humana.

O plano de amostragem para cada compartimento ambiental objetiva o levantamento de dados ambientais para todos os potenciais contaminantes de interesse na área da PLUMBUM (solo), bem como no seu entorno, principalmente em áreas urbanas densamente povoadas: solo, água subterrânea, sedimentos e moluscos comestíveis do rio Subaé, leite de vaca das pastagens nas proximidades – até 14 Km da usina, poeira domiciliar e vegetais comestíveis no entorno urbano da usina.

3. SOLO SUPERFICIAL

3.1. Plano de amostragem

Mesmo após a paralisação das atividades da PLUMBUM em 1993, os impactos ambientais ainda se fazem presentes. Estudos realizados por Costa (2001) em amostras de gramínea e solo (perfil), coletados, segundo a direção predominante dos ventos, até 14 Km da antiga fundição, assinalam que os níveis de chumbo e cádmio são maiores à medida que diminui a distância do fundição.

Na amostras de solo (perfis de até 60 cm de profundidade) Costa (2001) encontrou teores bastante elevados para os metais na área da PLUMBUM (2081 µg Pb/g; 27,7 µg Cd/g; peso seco). No Patronato São José, localizado à 1 Km distante da usina, ela determinou teores de 316 µg Pb/g e 3,51 Cd/g; (peso seco).

Na amostragem de solo foi utilizada a estratégia de amostragem sistemática, mais freqüentemente utilizada, e que envolve a coleta de amostras a intervalos regulares predeterminados. O objetivo central do presente plano de amostragem de solos é, determinar a dispersão superficial dos resíduos a partir dos focos já conhecidos e que se localizem nas áreas urbanas.

3.2. Localização dos pontos de amostragem

A amostragem de solo superficial foi realizada em pontos na PLUMBUM (2 amostras) e em áreas não povoadas nas suas proximidades (2 amostras); em áreas densamente povoadas até 1 Km de distância de seu entorno, em direção ao centro da cidade (12 amostras) e em áreas mais distantes próximas ao centro da cidade, distando entre 1 e 2 Km da PLUMBUM (4 amostras).

Os pontos de amostragem foram dispostos de forma a não se distanciarem mais que 150 metros. Os pontos de amostragem em áreas urbanas, próximas ao centro da cidade, distantes entre 1 e 2 Km da usina, foram distribuídos aleatoriamente, espaçados em aproximadamente 150 m, seguindo a direção da av. Rui Barbosa e Rua São José em direção ao centro de Santo Amaro. A figura PROT V-1 assinala a localização dos pontos de amostragem de solo superficial.

As amostras no entorno não povoado da PLUMBUM foram localizadas na Estrada para Povoado de Pedras (comumente denominada *Estrada de Pedras*), distando aproximadamente 400 m da PLUMBUM, em direção noroeste. As amostras na PLUMBUM foram localizadas próximo dos fornos e na área de escoamento dos efluentes líquidos da empresa. As amostras em áreas densamente povoadas, até 1 Km de distância do entorno da usina, foram localizadas na localidade Estrada de Pedra, em áreas não asfaltadas da Av. Rui Barbosa, bem como na localidade Caixa d'Água.

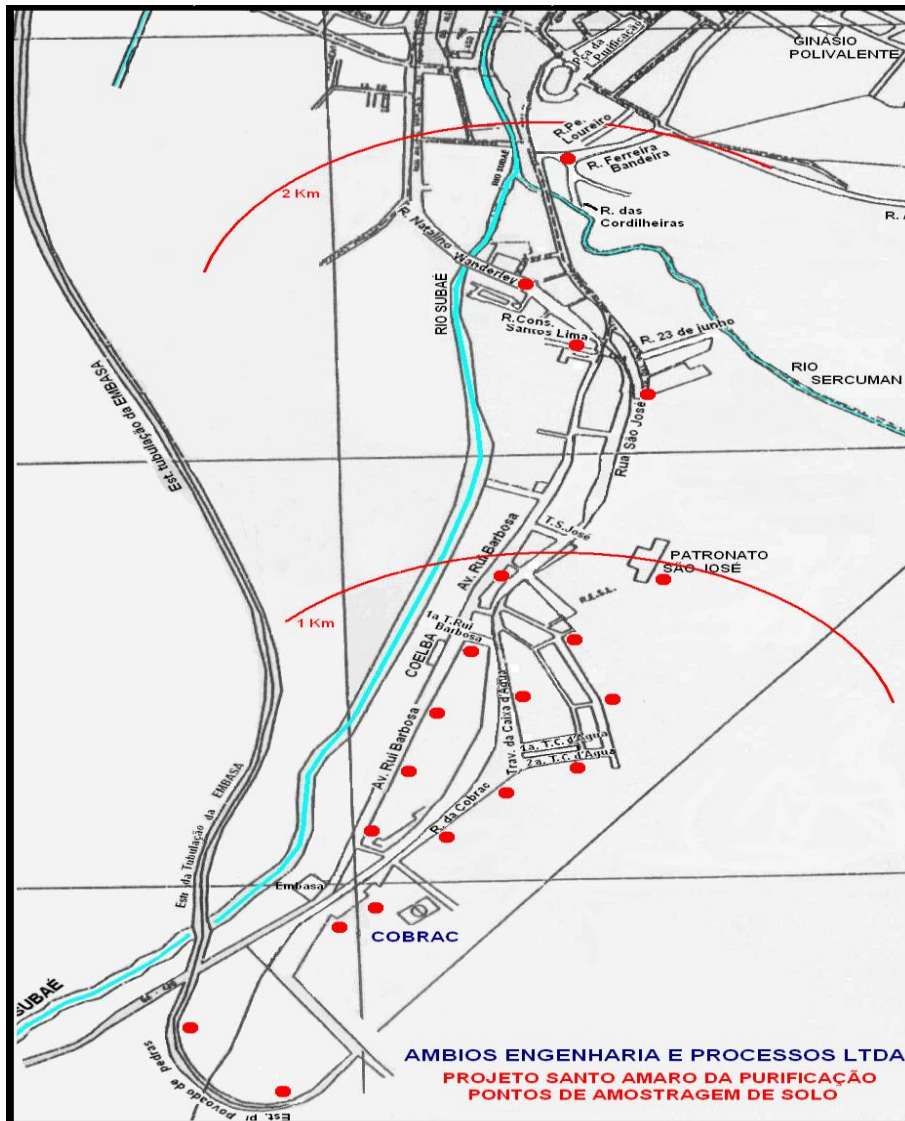
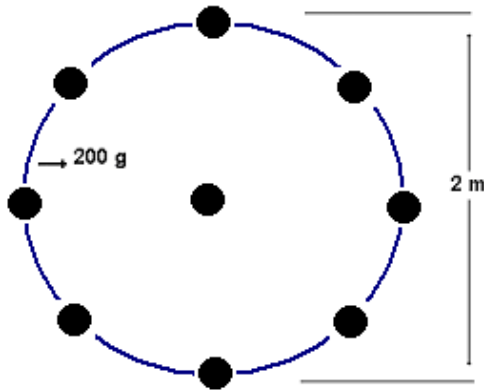


Figura PROT V-1: Localização dos pontos de amostragem de solo superficial

3.3. Procedimentos de amostragem

Em diversos pontos assinalados no plano de amostragem, os locais de coleta das amostras de solo apresentaram ocorrência de gramíneas, mato baixo, pedras e lixo doméstico. A área de coleta, em cada ponto estabelecido, foi previamente desmatada e materiais grosseiros presentes no local foram removidos com o auxílio de enxadas e pás.

Após limpeza inicial, os pontos assinalados foram identificados pela numeração das residências mais próximas e orientação por satélite (GPS). Somente após a correta localização dos pontos, e após limpeza do local, as amostras de solo foram coletadas. As amostras coletadas foram compostas de 8 sub-amostras retiradas dos pontos de amostragem, dentro de um círculo de 2 m de diâmetro, conforme desenho abaixo.



3.4. Execução da amostragem

O ponto determinado foi imediatamente localizado nas coordenadas georeferenciadas por GPS. A partir deste ponto, delimitou-se a área com diâmetro de 2 m. A cobertura vegetal foi retirada com pá e enxada. Em cada direção cardinal, sub-cardiais e no ponto central, foram retiradas sub-amostras. A amostragem foi realizada com trado de aço inox (tubulação, embulo e aste), 8 cm de diâmetro. A amostragem foi realizada até a profundidade de 10 cm, demarcada por meio de sulco externo na tubulação do trado. As sub-amostras foram desagregadas manualmente e classificada (peneira de aço inox, malha 10 mesh).

A amostra composta peneirada foi então homogeneizada através de 5 movimentos, de cada lado, das bordas do papel Kraft, em direção ao centro. A amostra total (aproximadamente 2,0 kg) foi, então, quarteada e, de cada quarto, alternadamente, com pá plástica, retiradas sub-alíquotas de aproximadamente 100 g até preenchimento do volume dos frascos de amostragem.

As amostras obtidas foram imediatamente identificadas com etiquetas (número da amostra, data e responsável pela coleta) protegidas da umidade com fita adesiva. Após cada amostragem, todos utensílios utilizados na amostragem foram escovados criteriosamente com escova plástica e, finalmente, rinsados com água destilada ou mineral. A foto PROT V-1 assinala procedimentos da equipe de amostragem durante a coleta de amostra de solo na área da PLUMBUM. A tabela PROT V-1 apresenta os dados registrados durante a amostragem.



Foto PROT V-1: Equipe de amostragem durante a coleta de amostra de solo na área da PLUMBUM.

Tabela PROT V-1: Registro de dados durante amostragem de solo superficial

AMOSTRA	DATA		Coordenadas UTM		Residência mais próxima	
	DIA	HORA	Latitude	Longitude	Rua	Nº
SOL 01	15/03/03	10:00	0529680	8613676	Av. Rui Barbosa	663
SOL 02	15/03/03	11:00	0529339	8613652	Área interna da PLUMBUM	
SOL 03	15/03/03	11:30	0529364	8613904	Área interna da PLUMBUM	
SOL 04	15/03/03	13:00	0529784	8613510	3ª. Travessa da Caixa D'Água	556
SOL 05	15/03/03	13:45	0529861	8613494	4ª. Travessa da Caixa D'Água	
SOL 06	15/03/03	14:15	0529915	8613430	Rua da PLUMBUM	482
SOL 07	15/03/03	14:40	0530043	8613402	Terreno – Rua da PLUMBUM	S/n
SOL 08	15/03/03	15:05	0530104	8613342	3ª. Travessa da Caixa D'Água	S/n
SOL 09	15/03/03	15:25	0530014	8613288	3ª. Travessa da Caixa D'Água	22
SOL 10	15/03/03	16:20	0529843	8613272	3ª. Travessa da Caixa D'Água	120
SOL 11	15/03/03	16:45	0529781	8613222	2ª. Travessa da Caixa D'Água	49
SOL 12	15/03/03	17:04	0529902	8613226	2ª. Travessa da Caixa D'Água	104
SOL 13	16/03/03	08:35	0530128	8613303	2ª. Travessa da Caixa D'Água	52
SOL 14	16/03/03	09:05	0530149	8613295	2ª. Travessa da Caixa D'Água	35
SOL 15	16/03/03	09:35	0530219	8613342	2ª. Travessa da Caixa D'Água	09
SOL 16	16/03/03	10:00	0529973	8613274	2ª. Travessa da Caixa D'Água	96
SOL 17	16/03/03	10:28	0529957	8613264	Rua da PLUMBUM	1098
SOL 18	16/03/03	11:20	0528265	8614628	Estrada das Pedras	S/n
SOL 19	16/03/03	11:45	0528745	8614558	Estrada das Pedras	S/n
SOL 20	17/03/03	09:55	0530687	8612994	Av. Ferreira	S/n
SOL 25	17/03/03	10:15	0531182	8612948	Rua das Viúvas	S/n
SOL 26	17/03/03	10:50	0531202	8613168	Rua 23 de Junho	S/n
SOL 27	17/03/03	11:25	0530828	8612958	R. Cons. Santos Lima	S/n
DUPLICATAS ECOLABOR						
SOL 21	15/03/03	11:00	0529339	8613852	Área interna da PLUMBUM	
SOL 22	15/03/03	14:40	0530043	8612402	Terreno – Rua da PLUMBUM	S/n

Fonte: AMBIOS (2003)

OBSERVAÇÕES: Durante os procedimentos de solo superficial não ocorreram chuvas, com exceção de chuva passageira no início da coleta do ponto SOL 01. O solo se apresentava seco. Na profundidade coletada (10 cm) não foram observadas ocorrências de escória, apesar das informações sobre sua utilização na localidade “Caixa d’Água”.

4. SEDIMENTOS

4.1. Plano de amostragem

A bacia Hidrográfica do rio Subaé apresenta área de drenagem de 580 km² e 46 km de extensão desde o município de Feira de Santana até sua foz na Baía de Todos os Santos. Seu afluente principal é o rio Sergi. No estuário, o rio Subaé se bifurca, formando a ilha da Cajaiba — cujo canal principal apresenta extensão aproximada de 10 Km e o canal de São Brás. de 7,5 km.

Na Cidade de Santo Amaro, região do Baixo Subaé, início da área estuarina, predominam a vegetação de mangue: mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) e o mangue branco (*Laguncularia racumphora*).

O enquadramento para as águas do rio Subaé e seus afluentes foi estabelecido em 1995, sendo o trecho compreendido entre sua nascente, no município de Feira de Santana, e a zona estuarina (sul da cidade de Santo Amaro) classificado como classe 2, da zona estuarina até a sua foz na Baía de Todos os Santos na classe 7.

Segundo o CRA (2000), O rio Subaé é fortemente impactado pelas emissões, sem qualquer tratamento, das águas servidas das residências, indústrias, hospitais, estabelecidas ao longo de todo seu percurso. No seu médio curso e zona estuarina, o rio Subaé recebe contribuições de matadouros, efluentes sanitários e indústria de papel. Estas emissões têm provocado a redução da biodiversidade e da produtividade aquática local. A instalação da PLUMBUM foi agravar esta situação.

Até 1977, quando as emissões de efluentes da PLUMBUM eram lançadas diretamente sem tratamento, estudos constataram a contaminação do rio Subaé pelos efluentes da usina metalúrgica apresentando, nas amostras de água analisadas, valores para os metais dissolvidos (Cd e Pb) que superavam os limites máximos permitidos para as águas estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Segundo cálculos da própria indústria, até 1976 haviam sido jogados para o ambiente cerca de 400 toneladas de cádmio, sendo que dois terços deste total diretamente no rio Subaé. Sedimentos coletados ao longo do Rio apresentavam concentração média de cádmio de 23,7 ppm, variando de 0,5 a 120 ppm, peso seco.

Afora isto, mesmo após o ano de 1977, quando foram tomadas algumas medidas para inibir as emissões, a proximidade da metalurgia ao leito e às áreas de inundação; o transbordamento da bacia de rejeito em períodos de

altos índices pluviométricos e a baixa vazão do rio Subaé, dificultando a diluição e dispersão dos efluentes líquidos lançados sem tratamento, foram fatores permanentes de contaminação do rio.

4.2. Premissas para o planejamento de amostragem

Normalmente, a amostragem de sedimentos em rios próximos à locais de emissão de contaminantes fixa um ou dois pontos à montante como valor de referência. No entanto, no caso das emissões de metais pesados pela PLUMBUM no rio Subaé, a existência de marés poderia criar viés nos sedimentos de referência.

As emissões de material particulado para a atmosfera no sentido dos ventos predominantes também poderiam contaminar vastas áreas à montante, possivelmente carregados para o rio. Mesmo levando este fato em consideração, determinou-se a fixação de dois pontos de amostragem à montante do ponto de emissão da PLUMBUM. Os pontos foram localizados, respectivamente à 1km e 500 metros da usina

A partir de 500 metros do ponto de emissão de efluente da PLUMBUM, ao longo do rio Subaé, no sentido do fluxo natural do rio, foram fixados cinco pontos de amostragem na área urbana de Santo Amaro, antes do início dos manguezais na zona estuarina. A figura PROT V-2 assinala, de forma esquemática, a distribuição dos pontos de amostragem de sedimentos no rio Subaé.

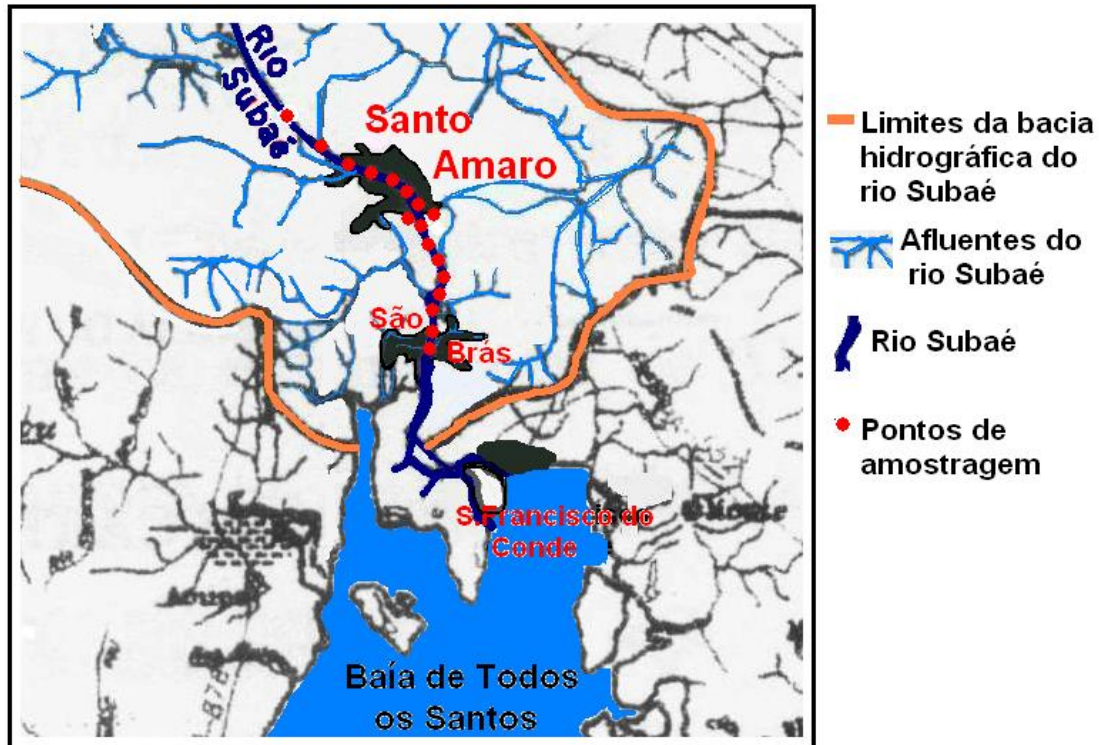


Figura PROT V-2: Pontos de amostragem de sedimentos no rio Subaé

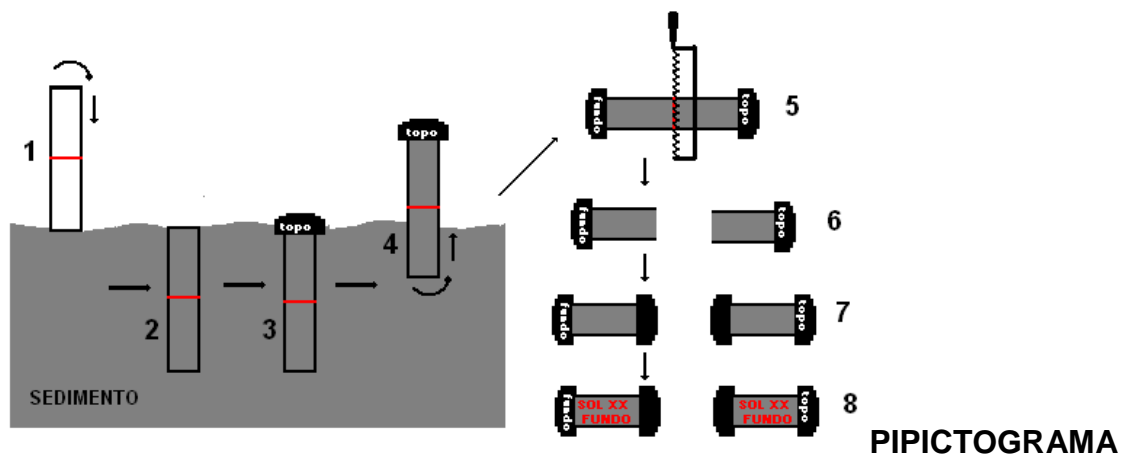
Com o início da zona estuarina, facilmente reconhecida pelo início dos manguezais, o leito do rio se alarga. A partir deste ponto a velocidade de fluxo diminui consideravelmente, permitindo a deposição do particulado fino. A textura dos sedimentos é um dos componentes importantes na atenuação ou transporte de metais apresentando, nos sedimentos finos, melhor capacidade de imobilização do que em sedimentos grossos. Dependendo da velocidade de fluxo no ponto amostrado pode ocorrer perfis de sedimentos de composições granulométricas diferenciadas. Levando este fator em consideração, para todos os pontos foram coletadas amostras de duas profundidades: de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm.

No monitoramento da contaminação por metais em compartimentos aquáticos, busca-se pontos de amostragem de menor velocidade de fluxo, onde ocorre a precipitação de material particulado em suspensão, composto geralmente por argila e argila-silte, frações granulométricas reconhecidamente concentradoras de metais pesados.

Desta forma, buscou-se principalmente nas áreas estuarinas, de manguezais, entre Santo Amaro e São Brás, a caracterização dos pontos possivelmente mais críticos de contaminação. Neste trecho do rio Subaé foram fixados 10 pontos de amostragem distanciados entre si em menos de 1 Km.

4.3. Procedimentos de amostragem

A seqüência do procedimento de amostragem de sedimento pode ser visualizada através do pictograma abaixo:



: AMOSTRAGEM DE SEDIMENTO

Segmentos tubos de pvc (1,5") de 10 cm de comprimento, demarcado no meio por sulco serrilhado e tinta, são previamente tratados em solução de ácido nítrico 10% por 24 horas, lavados com água destilada e secados. Para a amostragem, estes tubos são totalmente enterrados, em sentido vertical, nos sedimentos. A parte superior do tubo enterrado, faceando a superfície do sedimento, é, então, fechada com **caps** plástico de pvc (1,5"), contendo a inscrição "topo". O tubo fechado com **caps** é retirado do sedimento através de movimentos giratórios, ascendentes, permitindo – através do vácuo formado –

sua retirada sem derrame da amostra de sedimento coletada. A parte inferior do tubo é fechada com um segundo **caps**, contendo a inscrição “fundo”.

O tubo contendo a amostra de sedimento é, então, lavado e secado com papel toalha. Finalmente, o tubo é serrado ao meio, na linha demarcada. Os resíduos de da serragem plástica de cada extremidade serrada são manualmente removidos, bem como – 0,5 cm de amostra.

Os dois segmentos de tubos resultantes contendo, respectivamente, a amostra de sedimento de superfície, “topo” (0 – 5 cm), e de “fundo” (5 – 10 cm), são adequadamente etiquetados, protegidos externamente de forma individual por saco plástico **zip** e fechados. Os sacos plásticos **zip** são lacrados hermeticamente com fitas adesivas e mantido sob refrigeração até o momento dos procedimentos analíticos. As fotos PROT V-2 e PROT V-3 assinalam momentos dos procedimentos de amostragem.



Fotos PROT V-3 e PROT V-4: Momentos dos procedimentos de amostragem.

4.4. Registro dos dados

A coleta de amostras de sedimentos e de moluscos foi realizada utilizando-se barco a remo, tendo o Sr. João Sales dos Santos como barqueiro. Os procedimentos de amostragem foram acompanhados pelo Técnico Agrícola da Secretaria de Meio Ambiente e Expansão Rural, Sr. Francisco de Assis Pereira dos Santos.

O rio Subaé, a partir de Santo Amaro da Purificação, e até sua foz na Baía de Todos os Santos, forma vários bancos de areia, localmente denominadas *coroas*, em pontos de margem alternados. Após cada banco de areia formam-se áreas de *remanso*, com menor velocidade de fluxo, onde ocorre a deposição de material particulado mais fino, de característica argilosa, de coloração escura, e com grande participação de matéria orgânica.

As amostras de sedimentos foram coletadas nos pontos de maior deposição do material particulado fino, reconhecidamente concentrador de contaminantes, principalmente metais pesados. Os moluscos somente são encontrados nos bancos de areia.

Durante a amostragem de sedimentos foram registrados a denominação de cada amostra, dia e hora, bem como a localização por coordenadas UTM determinadas por GPS (Global Positioning System) e denominações locais de cada ponto de amostragem. (Tabela PROT V-2).

Tabela PROT V-2. Pontos de amostragem de sedimentos

Amostra	DATA		Coordenadas UTM		Observações
	DIA	HORA	Latitude	Longitude	
SED -T 01	16/03/03	07:20	0532966	8611290	Ponto de partida
SED -F 01	16/03/03	07:20	0532966	8611290	Ponto de partida
SED -T 02	16/03/03	07:50	0533268	8610788	Abaixo emissão E.T.E.
SED -F 02	16/03/03	07:50	0533268	8610788	Abaixo emissão E.T.E.
SED -T 03	16/03/03	08:10	0533372	8610532	Afluência Rio Traripe
SED -F 03	16/03/03	08:10	0533372	8610532	Afluência Rio Traripe
SED -T 04	16/03/03	08:30	0533455	8610198	Coroa Dom Pedro
SED -F 04	16/03/03	08:30	0533455	8610198	Coroa Dom Pedro
SED -T 05	16/03/03	08:40	0533174	8609884	Coroa Dom Pedro
SED -F 05	16/03/03	08:40	0533174	8609884	Coroa Dom Pedro
SED -T 06	16/03/03	09:00	0533222	8609282	Afluência Rio Pitinga
SED -F 06	16/03/03	09:00	0533222	8609282	Afluência Rio Pitinga
SED -T 07	16/03/03	09:20	0532996	8608836	Jusante Rio Pitinga
SED -F 07	16/03/03	09:20	0532996	8608836	Jusante Rio Pitinga
SED -T 08	16/03/03	09:50	0533172	8608298	Montante R. S.Lourenço
SED -F 08	16/03/03	09:50	0533172	8608298	Montante R. S.Lourenço
SED -T 09	16/03/03	10:00	0532683	8607774	Montante canal São Bráz
SED -F 09	16/03/03	10:00	0532683	8607774	Montante canal São Bráz
SED -T 10	16/03/03	10:40	0532649	8606498	Montante Rio da Ilha
SED -F 10	16/03/03	10:40	0532649	8606498	Montante Rio da Ilha
SED -T 11	16/03/03	11:00	0532321	8605424	São Bento
SED -F 11	16/03/03	11:00	0532321	8605424	São Bento
SED -T 12	16/03/03	11:30	0532258	8604642	Porto de Trimindó
SED -F 12	16/03/03	11:30	0532258	8604642	Porto de Trimindó
SED -T 13	16/03/03	11:40	0532718	8604098	Rio Trimindó
SED -F 13	16/03/03	11:40	0532718	8604098	Rio Trimindó
SED -T 14	16/03/03	12:00	0533277	8603690	São Francisco d Conde
SED -F 14	16/03/03	12:00	0533277	8603690	São Francisco d Conde
SED -T 15	16/03/03	13:00	0531083	8605766	Casqueiro – São Bráz
SED -F 15	16/03/03	13:00	0531083	8605766	Casqueiro – São Bráz
SED -T 16	17/03/03	09:00	0529366	8614480	500m montante PLUMBUM
SED -F 16	17/03/03	09:00	0529366	8614480	500m montante PLUMBUM
SED -T 17	17/03/03	09:25	0539357	8614436	800m montante PLUMBUM
SED -F 17	17/03/03	09:25	0539357	8614436	800m montante PLUMBUM

DUPLICATAS ECOLABOR

SED -T 18	16/03/03	07:50	0533268	8610788	Abaixo emissão E.T.E.
SED -F 18	16/03/03	07:50	0533268	8610788	Abaixo emissão E.T.E.
SED -T 19	16/03/03	12:00	0533277	8603690	São Francisco d Conde
SED -F 19	16/03/03	12:00	0533277	8603690	São Francisco d Conde

Fonte: AMBIOS (2003)

SED T = 0,0 – 5,0 cm prof.; SED F = 0,5 – 10,0 cm prof.

5. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

5.1. Plano de amostragem

Dados recentes que nos foram fornecidos pelo Eng. Maurício Dias (Secretário de Planejamento de Santo Amaro), e que servirão de base para projetos de remediação na área da PLUMBUM e revitalização do rio Subaé, indicam que aproximadamente 80% de todas as ruas e logradouros da cidade de Santo Amaro utilizaram escória proveniente da PLUMBUM para construção de suas bases. A equipe de avaliação de risco dispõe da localização exata de todas as ruas e logradouros que receberam escória.

A escória também foi, até passado recente, utilizada como base de terreno, e mesmo como material de construção nas moradias. Estudos realizados pela UFBA assinalam uma ampla utilização da escória nas residências, principalmente nas proximidades de até 1 km de distância da PLUMBUM, onde 42% destas residências têm suas áreas internas revestidas com escória (Tavares (1990).

Para o município de Santo Amaro, o IBGE (2000), assinala a existência de 1.230 pontos de abastecimento de água para consumo humano através de água de poço ou/e nascente. Durante visita à área, a equipe de avaliação de risco localizou 16 poços artesianos em funcionamento na área urbana de Santo Amaro. A maioria destas captações está localizada em áreas centrais da cidade onde foram realizadas deposições da escória:

- 1 – Posto Santo Amaro – Rua Sinibu – Bairro Sinibu
- 2 – Hotel Amaro Sales – Bairro Rosário
- 3 – Hotel Casa Grande – Praça da Purificação - Centro
- 4 – Hotel Lobo – Rua Conselheiro Saraiva – Centro
- 5 – Supermercado Pereira - Rua Conselheiro Saraiva – Centro
- 6 – Abatedouro Só Frango – Mercado Municipal
- 7 – Garagem de ônibus da Empresa Viasa – Bairro Sinibu
- 8 – Garagem da Emp. Rápido Recôncavo – Bairro Rosário
- 9 – Posto de Lavagem ATASA (Associação dos Taxistas de Sto Amaro)
- 10 – Posto Lavagem/Oficina – Rod. Sto Amaro - Cachoeira, Km 1
- 11 – Antiga ASA (Associação Santo Amarense)
- 12 – Hospital Otávio Pedreira – Praça do Rosário – Bairro Rosário
- 13 – Estacionamento/Garagem Enock – Pça. Batista Marques
- 14 – Casa de “Zequinha da Água” – R. Do Sacramento (ao lado Do Guarani F.C.)
- 15 – Casa da Dona Zilda Paim – Rua do Spermercado
- 16 – Pocilga de “Leozinho” – Bairro do Subaé (antes do matadouro)

Ou seja, todo este rejeito 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. Isto é tanto mais verdadeiro já que, medidas efetuadas na água da chuva na região revelaram valores médios de pH em torno de 4,9 (CAMPOS, 1995, *apud* Anjos). O caráter ácido destas precipitações indicam mecanismos naturais de lixiviação e solubilização, principalmente do cádmio, induzidos pela água de chuva.

Até onde sabemos, com exceção dos estudos de Anjos, 1998, nenhum outro dado é conhecido sobre a qualidade das águas subterrâneas captadas na área urbana ou rural de Santo Amaro.

5.2. Premissas para o plano de amostragem

Considerando a existência de mais poços de captação de água subterrânea para consumo humano, e a possibilidade de contaminação destas captações pela intensa utilização de escória da PLUMBUM, contendo metais pesados, na maior parte da área urbana da cidade; e a possibilidade de lixiviação destes contaminantes pelas águas das chuvas – ácidas -, determinou-se a amostragem das águas de 5 captações subterrâneas localizadas nas áreas urbanas de Santo Amaro, em locais de conhecida deposição de escória.

5.3. Procedimentos de amostragem

Local de amostragem - A coleta de amostras de água de captação subterrânea será realizada nos poços de captação selecionados.

Procedimento de amostragem – Haverá a captação e esgotamento por um período de 60 minutos anterior à coleta de amostra. O esgotamento parcial deverá ser realizado, com o objetivo de renovação da água armazenada e eliminação de possível contaminação superficial.

Volume amostrado e recipientes de amostragem - Deverão ser coletadas amostras em quantidade de 1 L (1000 mililitros) diretamente para frasco de vidro âmbar, previamente limpos, fechadas com tampas rosqueadas de poliestireno revestidas com Teflon®, sem deixar espaços vazios.

Assepsia dos recipientes de amostragem – Antes de sua utilização, os recipientes de amostragem, após lavagem, permanecem por 24 horas em solução de ácido nítrico 10%, sendo posteriormente lavados com água destilada e secados. Após a secagem os recipientes foram mantidos fechados até o momento da amostragem.

Identificação das amostras -As amostras deverão ser rotuladas, e conter os seguintes dados: Número da amostra; data e hora da coleta; responsável pela coleta;

Conservação e transporte – A cada recipiente de coleta será previamente adicionado 2 ml de ácido nítrico concentrado. Após a realização das coletas, os frascos tampados serão imediatamente refrigerados para atingir temperatura de 4° C, e mantidos nesta temperatura até o envio ao laboratório.

5.4. Localização dos pontos de amostragem

Levando em consideração as premissas acima estabelecidas, bem como um espaçamento uniforme entre os pontos de amostragem de, pelo menos, 500 metros, foram pré-selecionados 9 pontos de captação que permitissem a amostragem das 5 amostragens previstas: Posto Santo Amaro; Hotel Amaro

Sales; Hotel Casa Grande; Hotel Lobo; Supermercado Pereira; Abatedouro Só Frango; Garagem de ônibus da Empresa Viasa; Garagem da Empresa Rápido Recôncavo e Residência da Sra Zilda Paim. A figura PROT V-3 assinala, de forma esquemática, a localização dos pontos de amostragem de água subterrânea nas áreas centrais de Santo Amaro.

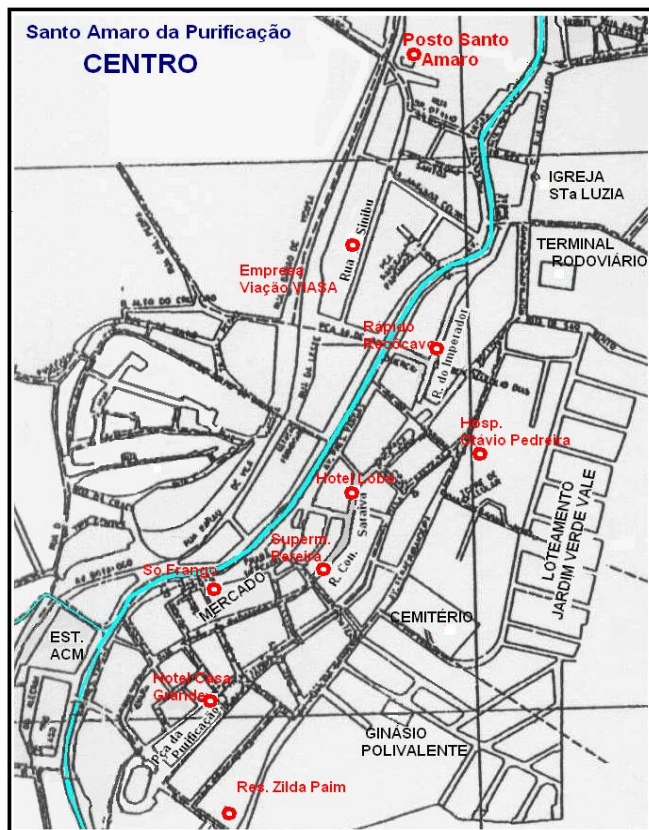


Figura PROT V-3: Pontos de amostragem de água subterrânea

No entanto, nos locais onde a residência selecionada para amostragem apresente-se irrealizável - por qualquer motivo, ou pela avaliação local do responsável pela amostragem -, outro ponto, dos nove pré-selecionados, será escolhido em substituição, o mais próximo possível. Durante a amostragem de água foi preenchido o seguinte protocolo de amostragem (tabela PROT V-3), contendo as coordenadas (GPS).

Tabela PROT V-3: Coordenadas (GPS) da amostragem de água subterrânea

Ponto Amostr.	Coordenadas		Observações
	Latitude	Longitude	
AG 01	0532018	8612398	Loja Alvorada
AG 02	0531857	8612604	Avenida Presidente Vargas,125
AG 03	0531771	8612701	Rua Conselheiro Guimarães, 34136
AG 04	0531639	8612842	Hotel Casa Grande
AG 05	0532225	8612218	Igreja Universal
DUPLICATAS	ECOLABOR		
AG 06	0531639	8612842	Hotel Casa Grande

Fonte: AMBIOS (2003)

6. POEIRA DOMICILIAR

6.1. Premissas para o planejamento de amostragem

A poeira domiciliar, principalmente aquela de granulometria micrométrica, que se acumula em locais de difícil acesso aos procedimentos de limpeza das donas de

casa, podem significar um importante testemunho da deposição de contaminantes ao longo de muitos anos.

Esta poeira possui características especiais, podendo ser considerada como residual ou de depósito, ou seja, é coletada em locais onde se acumulam resíduos ao longo do tempo, como atrás de quadros, etc. 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.

Também no caso dos metais pesados, que apresentam um grande potencial de fixação, esta poeira acumulada retém importantes quantidades destes contaminantes que, quando mobilizados, são absorvidos pelo organismo humano através da via respiratória.

Uma das principais lacuna dos dados ambientais existentes nos estudos já realizados em Santo Amaro, apesar da excelência metodológica como os estudos foram realizados, diz respeito a não determinação de todos os contaminantes de interesse.

6.2. Procedimentos de Coleta de Poeira em Áreas Intradomiciliares

6.2.1. Método de Coleta

O método de coleta adotado foi proposto por SILVA (1996).

Inicialmente, na casa a ser amostrada, identifica-se as áreas internas onde ocorra a presença de *depósitos recônditos de poeira*.²

² *depósitos recônditos de poeira* são aqueles localizados na parte interna das casas, acima de 1,5 metros de altura e que não são comumente limpos quando se efetuam as limpezas domésticas normais. Nesses locais, forma-se um depósito de poeira e materiais particulados de granulometria bastante fina formada pelo carreamento de materiais particulados pelo ar, representando, dessa forma, um testemunho conveniente de processos de contaminação por dispersão atmosférica. Por este motivo, as poeiras coletadas devem (a) estar dentro das casas - local propício para a lenta deposição de material particulado de baixa granulometria; (b) acima de 1,5 metros - altura a partir da qual a contaminação das amostras por partículas provenientes do chão das casas é mínima; e (c) em locais de difícil acesso às pessoas que efetuam a limpeza doméstica - permitindo que seja formada uma camada de poeira tal que indique um histórico de contaminação no tempo - como, por exemplo, atrás ou em cima de armários, atrás de quadros, etc.

A seguir, coleta-se a amostra de poeira, ao menos, em três dessas áreas, de modo a criar uma amostra representativa da poeira presente na residência. A poeira é coletada com o auxílio do pincel e por meio de um suave movimento de varrição de modo a direcionar a poeira para o interior do saco plástico de armazenamento de amostra. Após a coleta de aproximadamente 5g desse material, o saco de amostra tem seu fecho plástico lacrado e é identificado com a etiqueta auto-adesiva, a qual contém escrito o código de identificação da casa amostrada.

Após a coleta de aproximadamente 5g desse material, o saco de amostra é colocado no interior do saco de envelopamento, o qual é então fechado e lacrado com fita adesiva. O pincel usado é então eliminado. Os sacos plásticos com as amostras devidamente etiquetadas serão mantidas sob resfriamento até o transporte para o laboratório de análise.

Após isto, o saco de amostra é colocado no interior do saco de envelopamento, o qual é então fechado e lacrado com fita adesiva. O pincel usado é então eliminado. Os sacos plásticos com as amostras devidamente etiquetadas serão mantidas sob resfriamento em recipientes de isopor® contendo sacos com gelo para resfriamento até o transporte para o laboratório de análise. Durante a amostragem deverão ser registrados a localização das coordenadas (GPS) dos pontos de amostragem de poeira domiciliar, e outras observações pertinentes, conforme protocolo (tabela PROT V-6).

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).

6.2.2. Materiais de Coleta

O material de coleta tem que ser individual, ou seja, cada casa a ser amostrada possuiu seu próprio conjunto de materiais para coleta, de modo a evitar a contaminação entre as amostras. Assim, o procedimento de amostragem de cada residência requer:

- 01 pincel chato tipo trincha de ½ polegada com pelos mistos (sintéticos e naturais);
- 01 saco plástico (10cm de largura x 15cm de comprimento), com fecho, para a armazenagem da amostra de poeira;

- 01 saco plástico (20cm de largura x 30cm de comprimento), sem fecho, para o envelopar o saco contendo a amostra de poeira; e
- 02 etiquetas auto-adesivas.

6.2.3. Localização dos pontos de amostragem

A amostragem de poeira domiciliar foi realizada em residências nas proximidades (até 1 Km de distância) da PLUMBUM. As coletas de amostras de poeira domiciliar se concentraram nas residências localizadas na avenida Rui Barbosa e na localidade Caixa d'Água. As residências amostradas situavam-se a não mais de 100 metros de distância uma das outras. Buscou-se a amostragem em residências mais antigas e que, pela aparência externa, não indicavam a realização de reformas.

Antes de cada amostragem foi explicado ao residente os objetivos e procedimentos, inclusive a coleta em cômodos internos, como dormitórios. Somente após a aprovação e consentimento do residente, e preferencialmente com seu acompanhamento, foi realizada a amostragem. Os residentes, sem exceção, mostraram-se totalmente solícitos. A tabela PROT V-4 apresenta a localização dos pontos de amostragem de poeira domiciliar.

Tabela PROT V-4: Localização dos pontos de amostragem de poeira domiciliar.

Ponto Amostr.	Coordenadas		Endereço
	Latitude	Longitude	
PO 01	0529680	8613676	Av. Rui Barbosa, 663
PO 02	0529878	8613564	Av. Rui Barbosa, 581
PO 03	0530075	8613450	Av. Rui Barbosa, 501
PO 04	0529784	8613510	3ª. Travessa da Caixa D'Água, 556
PO 05	0529861	8613494	4ª. Travessa da Caixa D'Água, 68
PO 06	0529915	8613430	Rua da COBRAC, 482
PO 07	0530124	8613372	Av. Rui Barbosa, 477
PO 08	0530129	8613328	3ª. Travessa da Caixa D'Água, 5
PO 09	0530070	8613310	3ª. Travessa da Caixa D'Água, 16
PO 10	0530013	8613288	3ª. Travessa da Caixa D'Água, 22
PO 11	0529924	8613258	3ª. Travessa da Caixa D'Água, 40
PO 12	0529843	8613272	3ª. Travessa da Caixa D'Água, 120
PO 13	0529883	8613352	3ª. Travessa da Caixa D'Água, 148
PO 14	0529826	8613338	4ª. Travessa da Caixa D'Água, 210
PO 15	0529781	8613222	2ª. Travessa da Caixa D'Água, 49
PO 16	0529902	8613226	2ª. Travessa da Caixa D'Água, 104
PO 17	0530128	8613303	2ª. Travessa da Caixa D'Água, 52
PO 18	0530082	8613301	2ª. Travessa da Caixa D'Água, 103
PO 19	0530149	8613295	2ª. Travessa da Caixa D'Água, 35
PO 20	0530220	8613343	2ª. Travessa da Caixa D'Água, 1
DUPLICATAS ECOLABOR			
PO 21	0529784	8613510	3ª. Travessa da Caixa D'Água, 556
PO 22	0529861	8613494	4ª. Travessa da Caixa D'Água, 68

Fonte: AMBIOS (2003)

7. ALIMENTOS

7.1. Leite bovino

A persistência da maioria dos metais pesados em solo é conhecida. A principal questão a ser esclarecida na amostragem de leite de bovinos criados em pastagens nas proximidades da PLUMBUM, nos arredores rurais de Santo Amaro, é se este alimento está contaminado pelos contaminantes potencialmente de interesse.

7.1.1. Localização dos pontos de amostragem

A coleta de amostras de leite foi realizada junto aos pequenos produtores localizados à distâncias de até 14 Km da PLUMBUM.

As amostras foram, sempre que possível, coletadas de amostras compostas pela ordenha de várias vacas e na presença de um dos membros da equipe de avaliação de risco. Durante a amostragem foram registrados a localização das coordenadas (GPS) das sedes dos criadores para cada amostra coletada, conforme protocolo (tabela PROT V-5).

Tabela PROT V-5: Localização dos pontos de amostragem de leite bovino

AMOSTRA	Coordenadas		Observações
	Latitude	Longitude	
LEIT 01	0529854	8613273	Criador "Xita"
LEIT 02	0529016	8614620	Fazendinha Bar
LEIT 03	0528656	8615612	Sítio Oslec
DUPLICATAS	ECOLABOR		
LEIT 06	0528656	8615612	Sítio Oslec

Fonte: AMBIOS (2003)

7.1.2. Procedimentos de amostragem

Após a coleta junto aos criadores, a amostra de leite coletada em recipiente de 1.000 ml = 1 L, será hermeticamente fechada. O frasco contendo a amostra, limpo e seco, será identificada com seu número, em etiqueta auto-adesiva, colada na parte externa do frasco. Finalmente, o frasco já etiquetado contendo a amostra, será colocado em um segundo saco plástico externo, lacrado com fita adesiva, para proteção da etiqueta interna. A amostra deve ser mantida sob refrigeração até o momento da análise.

7.2. MOLUSCOS

7.2.1. Plano de amostragem

A deposição de material particulado suspenso contendo metais emitidos pela PLUMBUM deve haver se depositado em áreas com baixa velocidade de fluxo, condições existentes nos manguezais existentes na zona estuarina do rio Subaé em Santo Amaro até sua foz na Baía de Todos os Santos, em São Francisco do Conde. Estas premissas são válidas principalmente para os metais pesados de baixa mobilidade ambiental. Para metais como mercúrio e arsênio, de maior mobilidade ambiental, é possível que boa parte dos metais

emitidos em Santo Amaro tenha sido mobilizado e carregado para a Baía de todos os Santos.

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

7.2.2. Localização dos pontos de amostragem

Na amostragem ambiental para avaliação de risco à saúde humana, busca-se identificar situações e locais de maior contaminação. A situação de maré (alta ou baixa) não influencia os teores de metais nas amostras de moluscos. No entanto, a amostragem foi realizada nas margens do leito do rio, com a maré baixa.

A amostragem de moluscos concentrou-se nas áreas de manguezais desde o seu início, na extremidade sul de Santo Amaro até os manguezais na localidade São Brás. As seis amostras iniciais foram coletadas nos manguezais de Santo Amaro, distribuindo-se ao longo do leito do rio Subaé, distanciando-se aproximadamente 200 metros entre si; e, a partir da última amostra desta série, em intervalos de aproximadamente 500 metros em direção à localidade São Brás. A figura PROT V-4, a seguir, apresenta – de forma esquemática – a localização dos pontos de amostragem dos moluscos.

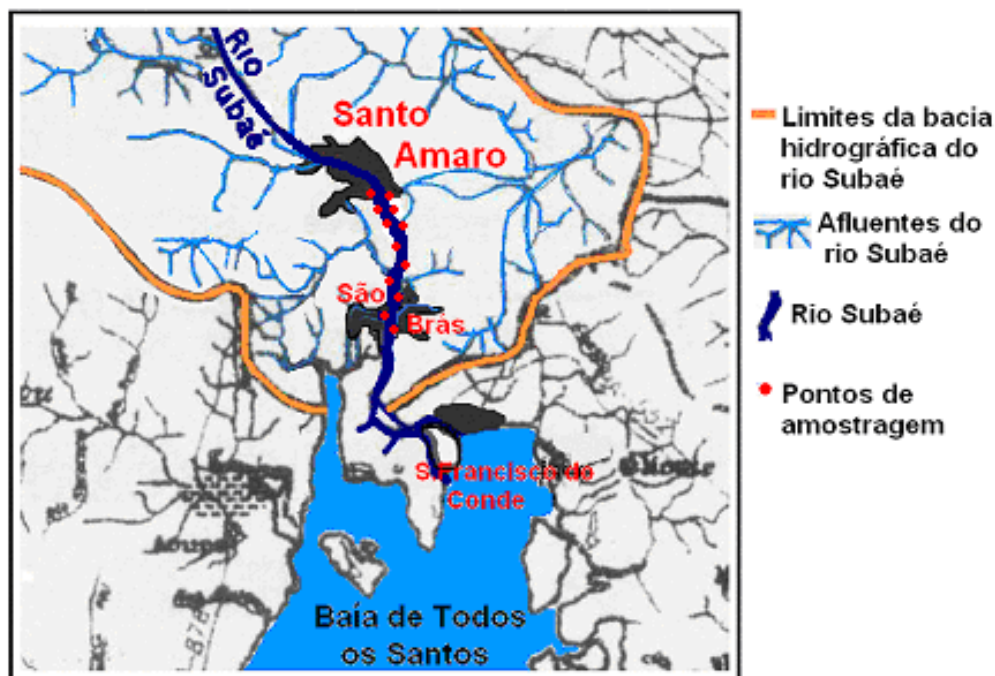


Figura PROT V-4: Localização dos pontos de amostragem de moluscos (*sururu*).

Durante a amostragem foram registrados a localização das coordenadas (GPS) dos pontos de amostragem de moluscos, e outras observações pertinentes, conforme protocolo (tabela PROT V-6).

Tabela PROT V-6: Localização e observações durante a amostragem de moluscos

AMOSTRA	Coordenadas		Observações
	Latitude	Longitude	
CR 01	0533268	8610788	Proximidades emissão da E.T.E. (Est.Trat.Esg)
CR 02	0533368	8610530	Encontro com rio Traripe
CR 03	0533455	8610198	Coroa Dom Pedro
CR 04	0533174	8609884	Coroa do Conde
CR 05	0533222	8609282	Encontro com o rio Pitinga
CR 06	0532996	8608836	Abaixo do rio Pitinga
CR 07	0533172	8608298	Antes do rio São Lourenço
CR 08	0532682	8607774	Antes do canal de São Brás
CR 09	0532447	8606858	Próximo Matadouro Tarioba
DUPLICATAS ECOLABOR			
CR 13	0533268	8610788	Proximidades emissão da E.T.E. (Est.Trat.Esg)

Fonte: AMBIOS (2003)

7.2.3. Procedimentos de amostragem

A amostragem foi realizada por pescador local, acompanhado de membros da equipe de avaliação. Após a coleta e abertura com utensílio de madeira (ou pedra), com uma faca plástica, a parte comestível dos moluscos foi removida, sendo depositada em um saco plástico com **zip**. A operação foi repetida em cada ponto de amostragem até que se obteve uma massa de 50 g de carne de molusco (carne de aproximadamente 15 a 20 moluscos).

Finda a coleta em cada ponto, o saco plástico **zip** contendo a carne de molusco deverá ser limpo, secado e identificado com seus dados, em etiqueta auto-adesiva, colada na parte externa do saco. O saco plástico etiquetado contendo a amostra, fechado, será colocado em um segundo saco plástico externo, lacrado com fita adesiva, para proteção da etiqueta interna. A amostra deve ser mantida sob refrigeração até o momento da análise.

7.3. VEGETAIS ALIMENTÍCIOS

7.3.1. Premissas para o planejamento de amostragem

Durante as atividades de amostragem, os componentes da equipe de avaliação de risco se informaram junto aos residentes sobre: 1- Os vegetais mais plantados pela população em áreas próximas (até 500 metros) da PLUMBUM; 2- Os vegetais mais consumidos pela população em áreas próximas (até 500 metros) da PLUMBUM; 3 – A existência de qualquer produto vegetal, plantado nas cercanias (até 500 metros) da PLUMBUM que seja comercializado pelos plantadores.

Em função desta avaliação, e devido a época de coleta para cada vegetal, foram escolhidas as duas espécies de maior importância quanto ao consumo, cultivo e comercialização existentes no período de permanência da equipe de avaliação. Os vegetais comestíveis que se enquadraram nestes requisitos foram manga e banana (frutas) e aipim (tubérculo).

7.3.2. Localização dos pontos de amostragem

A localização dos pontos de amostragem foram determinados em função das premissas do item anterior. Durante a amostragem foram registrados a localização das coordenadas (GPS) dos pontos de amostragem de vegetais, e outras observações pertinentes, conforme protocolo (tabela PROT V-7).

Tabela PROT V-7: Localização dos pontos de amostragem de amostras vegetais pelas coordenadas GPS e endereço da residência mais próxima

Amostra	Vegetal	Coordenadas Ponto de amostragem		Endereço
		Latitude	Longitude	Rua
BANANA				
VEG 01	Banana	0529784	8613510	3 ^a . Trav. Caixa d'Água, 556
VEG 02	Banana	0530104	8613342	3 ^a . Trav. Caixa d'Água, s/n
VEG 03	Banana	0529781	8613222	2 ^a . Trav. Caixa d'Água, 49
VEG 04	Banana	0529017	8614618	Fazendinha Bar
VEG 05	Banana	0529973	8613274	2 ^a . Trav. Caixa d'Água, 96
Duplicata ECOLABOR				
VEG 11	Banana	0529973	8613274	2 ^a . Trav. Caixa d'Água, 96
MANGA				
VEG 01	Manga	0529784	8613510	3 ^a . Trav. Caixa d'Água, 556
VEG 02	Manga	0529915	8613430	Rua da COBRAC, 482
VEG 03	Manga	0530104	8613342	3 ^a . Trav. Caixa d'Água, s/n
VEG 04	Manga	0530013	8613288	2 ^a . Trav. Caixa d'Água, 22
VEG 05	Manga	0529781	8613222	2 ^a . Trav. Caixa d'Água, 49
Duplicata ECOLABOR				
VEG 11	Manga	0529784	8613510	3 ^a . Trav. Caixa d'Água, 556
AIPIM				
VEG 01	Aipim	0529784	8613510	3 ^a . Trav. Caixa d'Água, 556
VEG 02	Aipim	0529915	8613430	Rua da COBRAC, 482
VEG 03	Aipim	0530104	8613342	3 ^a . Trav. Caixa d'Água, s/n
Duplicata ECOLABOR				
VEG 11	Aipim	0529784	8613510	3 ^a . Trav. Caixa d'Água, 556

Fonte: AMBIOS (2003)

7.3.3. Procedimento de amostragem

A coleta das amostras vegetais foram realizadas por membros da equipe de avaliação ou pelos residentes nos locais amostrados, sempre que possível, na presença de um dos membros da equipe de avaliação. Foram evitados utensílios metálicos na coleta dos vegetais.

As amostras vegetais, após coleta, foram lavadas (com água do abastecimento público ou mineral) para limpeza total de poeira ou da terra.

Principalmente na amostragem de aipim, após a coleta, as amostras foram meticulosamente lavadas, para remoção total da terra, e secados com papel toalha. Após a lavagem e secagem, as amostras de vegetais foram embaladas em um saco plástico com **zip** e identificado com seus dados, em etiqueta auto-adesiva, colada na parte externa do saco. O saco plástico etiquetado contendo a amostra, fechado, foi embalado em um segundo saco plástico externo, lacrado com fita adesiva, para proteção da etiqueta interna. A amostra foi mantida sob refrigeração até o momento da análise.

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

CAPÍTULO VI

MECANISMOS DE TRANSPORTE

1. INTRODUÇÃO

Os metais pesados, de um modo geral, têm grande afinidade por grupamentos orgânicos contidos em frações do solo e sedimentos e de tecidos biológicos, que lhe conferem as propriedades de bioacumulação, biomagnificação na cadeia alimentar e persistência no ambiente.

O processo de biomagnificação transformam concentrações consideradas baixas em concentrações tóxicas para diferentes espécies da biota e para o homem. A persistência, outra característica dos metais pesados, garante o efeito ao longo do tempo, mesmo depois de interrompidas as emissões.

Solos e sedimentos argilosos imobilizam com maior eficiência os metais pesados que os solos e sedimentos arenosos. Cádmio e zinco apresentam maior mobilização, migrando para profundidades maiores em solo, ou para a coluna d'água em ambientes aquáticos. A salinidade em ambientes estuarinos possibilita a troca iônica e liberação maior dos metais. Entre os metais pesados, o cádmio é o que apresenta maior mobilidade sob estas condições.

2. Chumbo

Geralmente pressupõe-se que metais de fontes antropogênicas, principalmente os originados de processos de combustão, estão presentes no ar na forma de óxidos. A formação de sulfatos pode ocorrer em ambientes onde ocorra simultaneamente a emissão de gases SO_x . Segundo Oliveira (1977), até o ano de 1977, através da operação da PLUMBUM, foram emitidos para a atmosfera 3.310 Kg/h de SO_2 .

Um fator determinante para o transporte do chumbo emitido pelos processos metalúrgicos é a distribuição do tamanho de partícula. As partículas maiores que 2 μm tendem a se depositar mais rapidamente nas proximidades da fonte de emissão. No entanto, a NAS (1980), como base para projeções, recomenda o uso de uma velocidade de deposição média de 0,6 cm/s e um tempo de residência atmosférica média de 10 dias. Para o caso específico de Santo Amaro, isto pode representar uma maior área de deposição nas proximidades da usina.

O acúmulo do chumbo na maioria dos solos depende do nível de deposição atmosférica. Em solos, o chumbo divalente apresenta forte afinidade com substâncias húmicas, formando compostos orgânicos estáveis. Além disso o chumbo também pode ser imobilizado por processos de troca iônica com óxidos hidróxidos de ferro e manganês (Olson and Skogerboe, 1975). Desta forma, somente uma pequena parcela é transportada pelas águas superficiais ou subterrâneas (USEPA, 1986). Isto, aparentemente, pode ser observado nos resultados obtidos nos solos da PLUMBUM, já que, decorridos 10 anos da paralisação das atividades da usina, e independente das tentativas de remediação realizadas, ainda são constatadas altas concentrações de chumbo.

Em solo o chumbo tem a tendência para complexar e precipitar, e sua transformação depende do tipo de solo. Em solos com alto teor de matéria orgânica e pH entre 6 e 8, o chumbo pode formar complexos orgânicos insolúveis. Caso o solo apresente menos matéria orgânica na mesma faixa de pH, pode ocorrer a formação de óxidos hidróxidos ou o chumbo pode precipitar como carbonato ou fosfato. Na faixa de pH entre 4 e 6, os complexos orgânicos de chumbo tornam-se solúveis, percolando ou sendo absorvido pelas plantas (USEPA, 1986).

Em estudos realizados nas proximidades de áreas com solos contaminados nos Estados Unidos, a ATSDR (1995), encontrou concentrações médias de chumbo em solo superficial variando entre 317 e 529 mg/Kg, e em amostras de poeira nas residências, concentrações de chumbo variando entre 206 e 469 mg/Kg.

A concentração de chumbo nas águas superficiais é dependente do pH, salinidade e da temperatura. Nos ambientes aquáticos, a forma divalente (Pb^{2+}) é a mais estável. O chumbo tem a tendência de formar compostos de baixa solubilidade com uma grande quantidade de ânions normalmente encontrados em águas naturais, tais como hidróxidos, carbonatos, sulfatos e fosfatos, que possuem baixa solubilidade e tendem a precipitar (Mundell et al., 1989). Por esta razão, uma parcela significativa do chumbo nas águas dos rios encontra-se não dissolvido, formada por partículas coloidais ou maiores, incorporadas em outros componentes do material particulado. Em ambientes estuarinos, os sedimentos anaeróbicos, geralmente ricos em sulfetos, fixam os metais e são reconhecidos como seu maior depositário.

O movimento vertical do chumbo e seus compostos inorgânicos, do solo para as águas subterrâneas, por lixiviação é muito lento sob a maioria das condições naturais, exceto para condições de acidez elevada (NSF, 1977).

Apesar da biodisponibilidade do chumbo para plantas em solo ser relativamente baixa, devido à forte ligação à matéria orgânica, a possibilidade de absorção pelas plantas aumenta em solos com baixo pH e reduzido teor de matéria orgânica.

Elevados níveis de chumbo em sangue de bovinos foram encontrados em áreas de pastagem nas proximidades de uma metalúrgica de chumbo. Porém não foram constatadas implicações quanto à qualidade da carne desses animais para consumo humano (Neuman and Dollhopf, 1992).

2. Cádmio

Os compostos de cádmio mais comumente encontrados na atmosfera (óxido, sulfato, cloreto) são estáveis e não estão sujeitos à reações fotoquímicas (Keitz, 1980). Sulfeto de cádmio pode sofrer reação de fotólise formando sulfato de cádmio em aerossóis aquosos (Konig et al. 1992).

A deposição atmosférica de cádmio (seca ou úmida) representam contribuições importantes para o acúmulo deste metal em solo em áreas próximas à fontes de emissão (Mielke et al., 1991). Emissões atmosféricas de cádmio emitido por processos de alta temperatura é geralmente associado com partículas pequenas ($<10\ \mu\text{m}$), facilmente inaláveis, suscetíveis de transporte a longas distâncias, e com tempo de residência atmosférica entre 1 e 10 dias (Keitz¹⁰, 1980).

A contaminação de solos pelo cádmio preocupa, pois o cádmio é absorvido eficientemente pelas plantas e, desta forma, penetra na cadeia trófica do homem e de animais, concentrando-se no fígado e rins dos animais que se alimentam dessas plantas (Elinder, 1985). Solos ácidos aumenta a absorção de cádmio pelas plantas (Elinder, 1992). A alcalinização do solo, por exemplo, através de calagem, aumenta a adsorção do cádmio pelo solo e diminui sua biodisponibilidade (He and Singh, 1994). A concentração de cádmio no solo superficial é geralmente o dobro dos níveis encontrados no subsolo, concentrando-se nos 15 cm superficiais (Pierce et al, 1982).

A concentração do cádmio em água é inversamente proporcional ao pH e ao teor de matéria orgânica. Devido a somente existir em água no estágio de oxidação +2, o cádmio não sofre grande influência pelo potencial de oxirredução da água (Callahan et al., 1979). O cádmio na forma iônica aparenta ser a forma mais tóxica e se constitui na forma prevalente em ambientes aquáticos de baixa salinidade (Sprague, 1986).

Apesar das formas solúveis poder migrar em águas, o cádmio é de relativa pouca mobilidade pela formação de complexos insolúveis ou por sua fixação nos sedimentos, resultando em baixas concentrações, geralmente inferior a $1\ \mu\text{g/L}$ (Elinder, 1985). Sob condições redutoras, muito comum em sedimentos estuarinos, por exemplo, nos manguezais, o cádmio pode formar sulfetos que é praticamente insolúvel e tende a precipitar. Debusk et al. (1996) avaliaram os mecanismos de transporte e retenção do cádmio em ambientes *wetland*. Diferenças nas concentrações entre os fluxos de entrada e de saída indicaram que aproximadamente a metade do cádmio ficou retida no microambiente *wetland*. Os ensaios demonstraram que aproximadamente todos os metais traços ficaram retidos nos sedimentos na forma de sulfetos, limitando sua biodisponibilidade e toxicidade.

A 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, que aumenta com o aumento do pH. Na maioria das águas superficiais, a afinidade para a formação de complexos ligantes com cádmio observa a seguinte ordem: ácidos húmicos $> \text{CO}_3^{2-} > \text{OH}^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ (Callahan et al., 1979).

Por outro lado, cádmio é mais móvel em ambientes aquáticos que a maioria dos metais pesados (por exemplo: chumbo). A complexação do cádmio com

cloretos aumenta com a salinidade até o ponto em que, em ambientes marinhos, passa a existir totalmente na forma das espécies CdCl^+ , CdCl_2 , CdCl^{3-} , e uma menor participação de Cd^{2+} (NTP, 1991).

Tanto os organismos aquáticos quanto os terrestres podem bioacumular o cádmio. A concentração de cádmio em animais marinhos pode chegar a ser centenas ou até milhares de vezes maior que a concentração de cádmio na água (Callahan et al., 1979).

A acumulação de cádmio também tem sido observada em pastagens e plantações, em minhocas, em aves domésticas, em gado, cavalos e animais silvestres. Os níveis de concentração de cádmio nas plantações dependem da absorção radicular e foliar, bem como da deposição de material particulado suspenso. He & Singh (1994) relatam que a acumulação de cádmio nos vegetais diminui na seguinte ordem vegetais folhosos > tubérculos > cereais. No mesmo estudo, os autores também concluíram que o tipo de solo também afeta a absorção de cádmio pelas plantas. Em solos com a mesma concentração, o cádmio se mostrou mais solúvel e mais disponível para as plantas em solos arenosos que em solos argilosos. Thornton (1992) assinala que o cádmio apresenta maiores mobilidade e biodisponibilidade em solos não calcáreos que em solos calcáreos.

Sprague (1986) realizou uma revisão de estudos sobre a concentração de cádmio em moluscos e crustáceos marinhos. As concentrações avaliadas foram em base de peso seco. Mariscos apresentaram teores relativamente baixos, entre 0,5 e 1,0 $\mu\text{g Cd/g}$. Em águas poluídas, a média das concentrações de Cd em ostras foi de 18 $\mu\text{g Cd/g}$, enquanto que em mariscos foi de somente 2,7 $\mu\text{g Cd/g}$.

3. Zinco

O Zinco é um elemento comumente encontrado na crosta terrestre. As emissões antropogênicas são maiores que as naturais, provenientes das atividades minerais, metalúrgicas e de produtos contendo zinco.

As maiores emissões de zinco para o solo são os resíduos (escória) e efluentes metalúrgicos, bacias de rejeitos da mineração, cinzas de processos de combustão, e o uso de produtos comerciais, tais como, preservantes de madeira e fertilizantes a base de zinco.

Apesar de sua forte ligação ao solo, processos de lixiviação tem sido observado em áreas de deposição. Contaminações mais severas são reportadas nas proximidades de fontes de emissão.

O zinco é capaz de formar complexos com muitos ligantes orgânicos e inorgânicos. A atividade biológica inibe a mobilidade do zinco em ambientes aquáticos, já que a biota contém relativamente pouco zinco em comparação com os teores encontrados nos sedimentos. A bioconcentração do zinco é moderada em ambientes aquáticos, sendo maior em crustáceos e em espécies

bivalves que em peixes. O zinco não se concentra em plantas, nem apresenta biomagnificação através da cadeia trófica terrestre. Em condições anaeróbicas, e na presença de sulfetos, a precipitação do zinco limita sua mobilidade. A mobilidade do zinco em solo é determinada pelos mesmos fatores que influenciam seu transporte em ambientes aquáticos, ou seja, a solubilidade de seus compostos, pH e salinidade (Clement, 1985).

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 (Callahan et al., 1979). A adsorção ocorre mais rapidamente em faixas de pH mais elevadas ($\text{pH} > 7$). A liberação do zinco dos sedimentos ocorre com aumento da salinidade, deslocado por cátions dos metais alcalinos e alcalino terrosos.

Devido ao fato que os compostos alquilados do zinco são instáveis em água, a biometilação de compostos do zinco provavelmente não ocorre em ambientes marinhos (Callahan et al., 1979). Crustáceos e peixes pode absorver zinco tanto da água como através da alimentação. Um fator de bioconcentração (FBC) da ordem de 1.000 foi relatado tanto para plantas aquáticas quanto para peixes; e de 10.000 para invertebrados aquáticos (Fishbein, 1981). Ramelow et al. (1989) encontrou a seguinte ordem de grandeza de concentração de zinco ($\mu\text{g/g}$, base peso seco) para organismos aquáticos: peixe 23; camarão 50; moluscos 60; zooplacton 330 e ostras 3.300. Biddinger e Gloss (1984) relatam que organismos associados a sedimentos apresentam maiores concentrações de zinco que aqueles que vivem na coluna de água.

Com relação à bioconcentração nas plantas, invertebrados e mamíferos terrestres, a partir do zinco existente no solo, foram reportados fatores de bioacumulação (FBC) de, 0,4; 8 e 0,6, respectivamente. A concentração de zinco nas plantas depende da espécie vegetal, do pH e da composição do solo. As plantas não concentram o zinco acima dos níveis presentes no solo (Levine et al., 1989).

4. Cobre

A emissão de cobre para a atmosfera ocorre geralmente na forma de material particulado. A sua remoção se dá pela deposição por gravidade, deposição seca ou úmida. Os índices de remoção e distâncias de dispersão a partir da fonte de emissão dependem das características da fonte, tamanho de partícula e velocidade dos ventos.

A deposição por gravidade determina a remoção de partículas maiores ($> 5 \mu\text{m}$), enquanto que partículas menores são removidas pelos outros processos citados. O cobre proveniente de processos de combustão é emitido na forma de partículas menores que $1 \mu\text{m}$. Este tipo de partículas pode permanecer na

atmosfera por períodos de 7 a 30 dias, permitindo seu transporte a longas distâncias (Perwak et al., 1980).

Na maioria dos casos, a concentração de contaminantes, como o cobre, observa um padrão de dispersão regional com aumentos episódicos, dependendo da direção e velocidade dos ventos predominantes e localização relativa ao local de emissão.

A maioria do cobre emitido para os corpos d'água ocorre na forma de material particulado, é adsorvido pela matéria orgânica, pela argila ou pelos óxidos hidróxidos de ferro e manganês, e se deposita ou precipita nos sedimentos. A afinidade de ligação com estes componentes apresenta a seguinte ordem: óxido hidróxido de manganês > matéria orgânica > óxido hidróxido de ferro > alumossilicatos > argila. (Harrison and Bishop, 1984).

Como íon Cu(II), o cobre forma compostos coordenados ou complexos tanto com ligantes orgânicos como com os inorgânicos. Em ambientes marinhos, a matéria orgânica é geralmente o complexante mais importante (Coale and Bruland, 1988). Os processos simultâneos de complexação, adsorção e precipitação controlam a concentração de Cu(II). As condições químicas na maioria das águas naturais são tais que, mesmo em concentrações relativamente elevadas de cobre, os processos citados reduzem a concentração de Cu(II) para níveis extremamente baixos.

Na ausência de um ligante estabilizante, o íon Cu(I) é instável em soluções aquosas, tendendo a sofrer dismutação para Cu(II) e cobre metálico. Os únicos compostos cuprosos estáveis em água são os compostos insolúveis como Cu₂S, CuCN e CuF. Em ambientes anaeróbicos formam-se os compostos Cu₂S, Cu₂O e cobre metálico, que precipitam (USEPA, 1979).

A maior parte do cobre emitido para o solo é fortemente adsorvido e permanece nos primeiros centímetros superficiais do solo, com exceção de solos arenosos onde a ligação não é tão forte. Solos arenosos com baixo pH apresentam o maior potencial para lixiviação.

O cobre se liga mais fortemente ao solo que outros cátions divalentes, sendo esta ligação menos influenciada por mudanças no pH que em outros metais (Gerritse and Van Driel, 1984). A movimentação do cobre no solo é determinada por um conjunto de interações com os componentes do solo. Em solos, na faixa de pH entre 5 e 6, a adsorção é o principal processo de remoção do cobre da água; acima de pH 6, a precipitação é o processo dominante (Perwak et al., 1980). Geralmente o cobre é adsorvido pela matéria orgânica, carbonatos, argilo-minerais ou pelos óxidos hidróxidos de ferro e manganês (Janssen et al., 1997). Em solos com baixo teor de matéria orgânica, as concentrações minerais de óxidos de ferro, manganês e alumínio determinam o grau de adsorção do cobre.

Em sedimentos estuarinos oxidados, a adsorção do cobre é controlada tanto pelo óxido de ferro amorfo como pelo material húmico estuarino

(Kennish,1998). 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 (Davies-Colley et al., 1985).

Perwak et al. (1980) relata estudo que constatou o fator de bioconcentração (FBC) de cobre em peixe na ordem de 10 – 100, indicando o baixo potencial para bioconcentração, enquanto que os moluscos apresentaram um FBC mais elevado, da ordem de 30.000. O maior FBC para moluscos decorre do fato destes organismos se alimentarem filtrando a água, retendo o material particulado que apresenta maior concentração de cobre que a água. De qualquer maneira, existem evidências que indicam não existir biomagnificação de cobre na cadeia alimentar.

O cobre é um nutriente essencial no metabolismo das plantas. A absorção do cobre no solo pelas raízes das plantas é um processo natural e necessário, que é regulado pela planta. A absorção pelas plantas depende da concentração e biodisponibilidade do cobre no solo. Além das condições físico-químicas do solo, a absorção do cobre depende também de outros fatores, tais como, a superfície das raízes, tipo de planta, estágio de crescimento, condições climáticas, profundidade do lençol freático e da interação com outros nutrientes do solo (Gupta, 1979).

A calação é outro fator que afeta a absorção de cobre pelas plantas. Perwak (1980) relata que a adição de cal ao solo, aumentando o pH para 7 ou 8, reduz a biodisponibilidade do cobre para as plantas.

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

CAPÍTULO VII

ROTAS DE EXPOSIÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O propósito deste capítulo é identificar a cada um dos cinco elementos de cada rota de exposição que possam existir em Santo Amaro da Purificação, determinando por sua vez, se estes elementos estão ligados entre si. Serão estabelecidos os parâmetros para categorizar cada rota de exposição completa ou como potencial. como

1.1. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ROTAS DE EXPOSIÇÃO

Uma Rota de exposição é um processo que permite o contato dos indivíduos com os contaminantes originados em uma fonte de contaminação por poluentes. Não é simplesmente um compartimento ambiental (solo, ar, água, etc) ou uma via de exposição (inalação, ingestão, contato); pelo contrário, inclui a todos os elementos que ligam uma fonte de contaminação com a população receptora. A rota de exposição é composta pelos seguintes cinco elementos: Fonte de contaminação, Compartimento ambiental e mecanismos de transporte, Ponto de exposição, Via de exposição e População receptora. Estes elementos poderiam ocorrer no presente, no passado ou no futuro.

Fonte de contaminação: É a fonte de emissão do contaminante ao ambiente. Entretanto, no caso em que a fonte original seja desconhecida, pode ser representada pelo compartimento ambiental responsável pela contaminação de um ponto de exposição.

Compartimento ambiental e mecanismos de transporte: Os compartimentos ambientais são vários, incluindo: materiais ou substâncias de resíduos, água subterrânea ou profunda (aqüíferos), água superficial, ar, solo superficial, subsolo, sedimento e biota. Os mecanismos de transporte servem para mover os contaminantes através dos compartimentos ambientais, desde a fonte até os pontos onde a exposição humana pode ocorrer.

Ponto de exposição: É o lugar onde ocorre ou pode ocorrer o contato humano com o compartimento ambiental contaminado, por exemplo, uma residência, local de trabalho, parque desportivo, jardim, curso de água (rio, etc), corpo de água (lago, etc), um manancial, um poço ou uma fonte de alimentos.

Via de exposição: São os caminhos pelos quais o contaminante pode estabelecer contato com o organismo, tais como: a ingestão, a inalação e a absorção ou o contato dérmicos.

População receptora: São as pessoas que estão expostas ou potencialmente podem chegar a estar expostas aos contaminantes de interesse em um ponto de exposição.

As diferentes rotas de exposição, mesmo que tenham um mesmo contaminante em comum, podem significar diferentes problemas de saúde. Mesmo assim, um compartimento ambiental específico ou uma via de exposição, podem chegar a ser parte de múltiplas rotas de exposição e mecanismos de transporte diferentes podem dar lugar a que as pessoas se exponham a distintas

concentrações dos contaminantes. A tabela VII-1 assinala as rotas de exposição específicas para cada compartimento ambiental.

Tabela VII-1. Rotas de exposição específica de cada meioambiental

MEIO AMBIENTAL	ROTAS DE EXPOSIÇÃO
ÁGUA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingestão direta. 2. Contato e reação dérmicas. Contato e reação oculares. 3. Inalação secundária pelo uso doméstico (vapor, aerossol).
SOLO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingestão direta (principalmente crianças de 9 meses a 5 anos). 2. Contato e reação dérmicas. Contato e reação oculares. 3. Inalação de compostos químicos voláteis presentes no solo. 4. Inalação de pó.
AR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inalação. 2. Contato e reação dérmicas. Contato e reação oculares.
BIOTA/ CADEIA ALIMENTAR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consumo de plantas, animais ou produtos contaminados, secundário ao consumo de água contaminada. 2. Consumo de plantas, animais ou produtos contaminados, secundário ao consumo ou contato com solo, pó ou ar contaminado. 3. Consumo de plantas, animais ou produtos contaminados, secundário à inalação ou à evapotranspiração de ar contaminado. 4. Contato dérmico com, ou reação à, plantas, animais ou produtos contaminados.
MEIOS MISCELÂNEOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingestão direta. 2. Contato e reação dérmicas. Contato e reação oculares. 3. Inalação secundária à volatilidade ou arraste dos contaminantes de meios miscelâneos

Fonte: ATSDR (1992)

1.2. Categorização das rotas como potenciais ou completas

As rotas de exposição podem ser categorizadas em completas ou potenciais. Cada rota completa ou potencial representa uma condição de exposição passada, presente ou futura. Qualquer contaminante associado com as rotas, sejam completas ou potenciais, requererá uma avaliação posterior na seção de Implicações à Saúde Pública.

1.2.1. Rotas de exposição completa

Uma rota de exposição completa é aquela em que seus cinco elementos ligam a fonte de contaminação com a população receptora. Sem importar que a rota

seja passada, presente ou futura, em todos os casos em que a rota seja completa, a população será considerada exposta.

1.2.2. Rotas de exposição potencial

Uma rota de exposição potencial ocorre quando falta um ou mais dos elementos que constituem uma rota de exposição. Uma rota de exposição potencial indica que um contaminante pode haver ocorrido no passado, que pode ocorrer no presente, ou que poderá ocorrer no futuro.

2. AVALIAÇÃO DAS ROTAS DE EXPOSIÇÃO EM SANTO AMARO

2.1. Foco Principal – Instalações da Plumbum

2.1.1. Solo Superficial

Até o momento do reconhecimento pelas autoridades da grave situação de risco decorrente da deposição de resíduos e das emissões atmosféricas e de efluentes, não existiam maiores controles que limitassem o acesso direto de pessoas às áreas contaminadas da usina. A utilização de resíduos como material de capeamento das ruas, logradouros e, mesmo, nas residências, em Santo Amaro da Purificação impunha, praticamente, o contato permanente de todos os residentes, principalmente nas áreas onde não houve o recobrimento da escória com asfalto, pedras ou outro material.

Conforme ficou demonstrado por meio da comparação dos dados ambientais com os valores de referência, os metais **cádmio, chumbo, cobre e zinco** foram determinados como **contaminantes de interesse** presentes no foco principal, ou seja, na área da PLUMBUM.

Durante o período de funcionamento da usina, e mesmo após a tentativa de remediação realizada na área, os solos estiveram e permanecem contaminados por altas concentrações dos contaminados assinalados. Desta forma existiu, existe e existirá – caso não se realize procedimentos de remediação adequados – **rota de exposição completa** por solo contaminado, caracterizada pela existência comprovada dos seus cinco componentes:

Fonte: Deposição das emissões atmosféricas e deposição de resíduos (escória) em diversos pontos da PLUMBUM.

Compartimento ambiental: Solo contaminado em amplas áreas da PLUMBUM.

Vias de Exposição: as vias de exposição na área do foco principal (PLUMBUM) possíveis são por ingestão, contato dérmico e inalação de material particulado suspenso (poeira).

População Exposta: As populações expostas são as seguintes:

No passado :

a) Trabalhadores, prestadores de serviço e visitantes durante funcionamento

- da PLUMBUM;
- b) Trabalhadores, prestadores de serviço e visitantes durante funcionamento da fábrica de guardanapos BOKALOKA.

No presente e futuro:

Servidores de manutenção e de vigilância nas instalações da PLUMBUM; e invasores que, conforme presenciado pela equipe de avaliação, colhem frutas ou buscam sucatas na área da PLUMBUM.

Local de exposição:

No passado : No local de trabalho, nas instalações da PLUMBUM.

No presente e futuro: Nas instalações da PLUMBUM. Por esta razão deve-se considerar a existência de uma **rota completa presente de exposição à solos contaminados**.

Pelos razões acima expostas, e enquanto não forem eliminadas as exposições relatadas e realizadas operações seguras de remediação na Cidade dos Meninos, pode-se concluir a existência de uma **rota completa futura de exposição à solos contaminados**.

2.1.2. Águas subterrâneas

Os dados existentes indicam que as concentrações dos metais **chumbo e cádmio** estão acima dos valores de referência de referência e, portanto, são **contaminantes de interesse para águas subterrâneas** na área da instalações da PLUMBUM.

Não foram observadas rotas de exposição humana para as águas subterrâneas na área da PLUMBUM. Como recomendação, as águas subterrâneas na área da PLUMBUM não devem ser utilizadas para nenhum uso que resulte em exposição

humana. Enquanto persistirem as condições de contaminação do solo, as águas subterrâneas na área devem ser avaliadas como uma **rota de exposição potencial futura**.

2.1.3. Alimentos

2.1.3.1. Vegetais

A comparação com os valores de referência (Portaria ANVISA 685/98) não permite a constatação de contaminantes de interesse nas amostras de vegetais alimentícios coletadas nas instalações da Plumbum. Algumas amostras, no entanto, assinalaram a presença de metais pesados. A única amostra de leite bovino analisada, de animal que pastava nas instalações da usina, apresentou concentração de chumbo acima do valor de referência.

Durante o período de operação da usina, sob condições de emissões de contaminantes mais graves, principalmente atmosféricas, é possível ter havido exposição dos trabalhadores, seus familiares e pessoas que consumiam

alimentos (vegetal ou animal) da área da usina. Durante a visita à área, a equipe de avaliação de risco notou a presença de invasores que coletavam frutas nas áreas internas da PLUMBUM.

Por estas razões, os alimentos provenientes da área da Plumbum constituem **rota de exposição potencial passada, presente e futura**, enquanto perdurem a situação de contaminação.

2.2. Foco Secundário – Rio Subaé

2.2.1. Sedimentos

Os dados ambientais avaliados indicam 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.

As maiores concentrações dos metais chumbo e cádmio foram encontradas nas proximidades do ponto de emissão da Plumbum. Isto indica, passados mais de 10

anos do fim das emissões de efluentes para o rio Subaés, a retenção dos metais pelos sedimentos, próximo ao ponto de emissão, mas não permite uma avaliação sobre a mobilidade e biodisponibilidade futura dos contaminantes. O maior risco de exposição ocorre devido a possibilidade de contaminação da biota aquática comestível, principalmente moluscos e crustáceos.

Os dados existentes permitem a avaliação dos sedimentos contaminados como uma **rota de exposição completa passada, presente e futura**.

2.2.2. Biota aquática – moluscos

Os resultados dos estudos indicam concentrações de chumbo, arsênio e cádmio acima dos valores de referência.

A contaminação do rio Subaé pelas emissões da PLUMBUM já havia sido comprovada pelos resultados da amostragem de sedimento. Os manguezais que se iniciam em Santo Amaro e seguem até a foz do rio Subaé na Baía de Todos os Santos apresentam ambiente propício para a deposição e fixação dos metais. Devido a contaminação do rio Subaé pelas emissões da PLUMBUM ser um processo constante, durante o funcionamento da empresa, e também devido a forma perene da contaminação dos sedimentos, a exposição humana por moluscos contaminados existiu, existe e existirá (por um período de difícil previsão) constituindo uma **rota de exposição completa** pela ingestão de moluscos contaminados.

É difícil prever os mecanismos de transporte dos metais contidos nos sedimentos e sua mobilização pela biota comestível. Por este motivo também é difícil prever se outros metais contidos nos sedimentos não venham – no futuro – ser mobilizados principalmente por moluscos e crustáceos, apresentando concentrações impróprias para o consumo humano.

A classificação como **rota de exposição completa** dos contaminantes **chumbo e cádmio** para os moluscos pescados no rio Subaé deve-se a presença dos cinco componentes que caracterizam uma rota de exposição:

Fonte: Moluscos pescados no rio Subaé

Compartimento ambiental contaminado: Moluscos pescados no rio Subaé.

Via de exposição: Ingestão de moluscos contaminados.

Local de exposição: nos locais (residências, restaurantes) onde se consuma os moluscos contaminados.

População exposta:

Passado, presente e futuro: Pessoas que consumiram, consomem e venham a consumir moluscos contaminados pescados no rio Subaé

2.3. Fora dos focos

2.3.1. Alimentos

Não foram detectadas concentrações de metais pesados acima dos valores de referência na amostragem de frutas (manga, banana) e tubérculo (aipim) realizadas por este estudo (AMBIOS, 2003). No entanto, estudos anteriores (Tavares e Carvalho, 1992; CUNHA & ARAÚJO, 2001), detectaram os metais cádmio e chumbo em concentrações que, mesmo na inexistência de limites recomendados nas normas estabelecidas pela ANVISA, poderiam representar risco de exposição para o consumo humano. As concentrações mais elevadas encontradas por Tavares e Carvalho (1992), na época em que a usina ainda estava em atividade, sugere uma maior participação da contaminação pelo material particulado lançado pelas emissões atmosféricas.

Por outro lado, os dados com maiores concentrações são insuficientes no seu relato de localização e concentração de metais por espécie vegetal. Os altos teores de metais pesados comprovados em amostras de solo superficial no entorno da usina poderiam reforçar a hipótese de contaminação das plantas. No entanto, as características do solo na região, argiloso e presença mediana de matéria orgânica, atuam na fixação e baixa biodisponibilidade dos metais pesados.

De qualquer maneira, a existência de solo superficial contaminado implica na classificação dos vegetais comestíveis nas proximidades da Plumbum como **rota potencial de exposição no passado e no presente**. Caso não sejam tomadas medidas de remediação quanto aos solos contaminados, os alimentos vegetais provenientes de áreas no entorno da Plumbum se constituirão em **rota de exposição futura**.

Em relação ao leite bovino, não foram encontrados indícios de contaminação por metais pesados nas amostras analisadas.

2.3.2. Águas subterrâneas

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 atingem os aquíferos de captação. Esta situação pode decorrer 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.

Desta forma, conclui-se que as águas subterrâneas **não apresentam rota de exposição humana.**

2.3.3. Solo superficial

Sabe-se que a escória da produção de chumbo foi utilizada como material de cobertura de base em – aproximadamente – 70% das ruas e logradouros de Santo Amaro. No entanto, principalmente no centro da cidade, estas ruas e logradouros contendo escória na sua base foram cobertas com pedras e/ou asfalto, não permitindo uma exposição direta dos residentes e transeuntes.

Nesta condição, o risco de exposição humana ocorre (e já ocorreu) quando da remoção deste material em trabalhos de reparos/manutenção ou durante a colocação de redes de água pluvial e esgotos. Tal já ocorreu, por exemplo, em janeiro de 1998, através de obras de saneamento básico iniciadas pelo Programa Bahia Azul do Governo do Estado da Bahia.

As ruas próximas a fundição, por exemplo, foram escavadas e revolvidas, expondo as camadas de escória utilizadas como lastro na pavimentação daquele local. A abertura de valas em ocasiões de reparo das redes de água e esgoto, com mobilização e deposição inadequada da escória, pode representar uma **rota de exposição potencial** por solo e poeira.

Nas localidades no entorno da PLUMBUM as condições das ruas e logradouros são diferentes daquelas existentes nas áreas mais centrais da cidade. Aqui observa-se, com exceção da Av. Rui Barbosa, ruas e residências - onde se utilizou escória nas suas bases – sem nenhuma cobertura isolante.

A contaminação do solo, como observado, ocorre nas imediações, até 500 metros de distância da PLUMBUM, principalmente na localidade “Caixa d’Água”. A origem desta contaminação, presume-se, decorre da utilização de escória como material de aterramento em toda área, bem como pela emissão atmosférica de material particulado pela metalúrgica durante seu funcionamento.

A existência de solo contaminado sem cobertura, e sua existência sob estas condições desde a criação desta povoação na década de 70, apresenta **rota**

de exposição completa no passado, no presente e no futuro, caso não sejam tomadas medidas de remediação.

Vias de exposição: as vias de exposição na área assinalada ocorre por ingestão, contato dérmico e inalação de material particulado suspenso (poeira).

População exposta: As populações expostas são as seguintes:

Passado, presente e futuro: Populações que residem na localidade “Caixa d’Água” – em toda sua extensão - e Avenida Rui Barbosa, nas residências com solo exposto nos seus quintais.

No futuro: Populações próximas e trabalhadores em eventos de abertura de valas e galerias durante serviços de reparo ou implantação de redes subterrâneas em ruas e logradouros onde tenha havido a deposição de escória.

2.3.4. Poeira domiciliar

Conforme se observa nos resultados obtidos, os metais **chumbo, cádmio, cobre e zinco** apresentam concentrações acima dos valores de referência.

A principal fonte da poeira domiciliar contaminada durante o período de atividade da usina metalúrgica eram as emissões atmosféricas de material particulado. No entanto, decorridos mais de dez anos de paralisação da usina, ainda se observa concentrações elevadas de metais pesados nas amostras de poeira domiciliar.

Isto indica que o solo superficial, contaminado, continua emitindo material particulado com concentrações que provocam a exposição humana. Esta situação deverá permanecer inalterada enquanto não forem realizadas remediações eficazes no solo superficial contaminado.

Desta forma, a poeira domiciliar se constitui em **rota de exposição completa no passado, no presente e no futuro.**

2.3.5. 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.

Estes dados foram também confirmados por ex-trabalhadores da usina, durante os contatos realizados pela equipe de avaliação de risco em Santo Amaro da Purificação. As roupas usadas pelos trabalhadores eram levadas para casa aumentando as possibilidades de exposição de suas famílias aos contaminantes.

Estes fatos implicam na classificação de roupas e utensílios de trabalho como uma **rota completa de exposição no passado**, durante o período de operação da usina.

A tabela VII-2 apresenta um resumo das rotas de exposição observadas em Santo Amaro da Purificação.

Tabela V-2: Rotas de Exposição em Santo Amaro da Purificação

ROTA NOME	ELEMENTOS DA ROTA DE EXPOSIÇÃO					TEMPO
	FONTE	MEIO AMBIENTE	PONTO DE EXPOSIÇÃO	VIA DE EXPOSIÇÃO	POPULAÇÃO RECEPTORA	
Solo superficial	-Foco principal - Focos secundários	Solo superficial	Residências, áreas de lazer, ruas na "Caixa d'Água"	- Ingestão, - Contato dérmico	Residentes da Localidade "Caixa d'Água"	Passado, Presente e Futuro
Alimentos	-Foco principal - Rio Subaé	Alimentos (Vegetais)	Residências	Ingestão	Residentes da Localidade "Caixa d'Água"	Passado, Presente e Futuro
Alimentos	-Foco secundário (Rio Subaé)	Alimentos (moluscos e crustáceos)	Residências	Ingestão	-Comunidades pescadores -Consumidores	Passado, Presente e Futuro
Ar ambiente	-Foco principal - Focos secundários Residências	Poeira domiciliar	- Residências, - ruas - Áreas de lazer	Inalação	Residentes da Localidade "Caixa d'Água"	Passado, Presente e Futuro
Roupas e utensílios de trabalho	-Foco principal - Focos secundários Residências	Roupas Utensílios	Residências dos trabalhadores da Plumbum	- Inalação - Contato dérmico	-Trabalhadores da Plumbum	Passado

Fonte: AMBIOS (2003)

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

CAPÍTULO VIII

IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE PÚBLICA

1. INTRODUÇÃO

Nos capítulos anteriores caracterizamos a contaminação ambiental, identificando os contaminantes de interesse e analisando todas as possíveis rotas de exposição humana, desde os focos de emissão dos diversos contaminantes, todos os caminhos percorridos até atingir a população exposta em Santo Amaro, tanto os caminhos atuais quanto os futuros e as possibilidades de atingir outras populações. Também em seções anteriores procuramos apresentar a população residente quanto às preocupações que possuem com relação à contaminação, seus hábitos, suas características sócio demográficas e econômicas.

É bom salientar que os contaminantes foram considerados de interesse na medida em que podem produzir efeitos adversos, atuais ou futuros, sobre a saúde humana. É o que discutiremos na primeira seção deste capítulo - AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA - os possíveis efeitos adversos de cada substância contaminante, nas condições em que são encontradas em Santo Amaro, sobre o organismo humano. Na seção seguinte - AVALIAÇÃO DOS EFEITOS NA SAÚDE - analisaremos os dados disponíveis sobre a saúde da população de Santo Amaro. Na terceira seção – RESPOSTA ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE COM A SUA SAÚDE – tentaremos responder às questões levantadas pela comunidade e apresentadas no capítulo IV.

1.1. EFEITOS SOBRE A SAÚDE

Os efeitos adversos aos quais viemos nos referindo ao longo deste trabalho serão considerados segundo a capacidade do agente químico produzir câncer e/ou efeitos adversos sistêmicos.

1.1.1. Câncer

O corpo humano pode ser considerado como uma sociedade bem organizada de células. Cada conjunto de células (tecidos) tem funções determinadas e colaboram para a manutenção de todo o organismo. Diferentemente das sociedades de seres humanos que conhecemos, no organismo humano, assim como qualquer organismo vivo, sadio, as células somáticas são comprometidas com sua própria morte, dedicam suas existências ao suporte das células germinativas. As células germinativas são destinadas a reprodução do organismo. Qualquer mutação que dê origem a um comportamento egoísta de uma célula somática fazendo-a reproduzir-se indefinidamente compromete toda a sociedade – essa é a origem do câncer. Em geral deriva de uma única célula que se reproduz em detrimento dos vizinhos normais e invadem e colonizam outros territórios reservados para outras linhagens de células.

Para que ocorra um câncer, ou melhor, para que uma única célula se torne cancerosa, é necessária uma série de modificações. Uma substância química é dita cancerígena quando é capaz de produzir dano ao funcionamento normal da célula. Um carcinógeno pode participar da origem do câncer de duas formas diferentes. Como iniciador do tumor ele produz alterações mutagênicas que preparam a célula para tornar-se cancerosa. Por si só essas substâncias não são capazes de gerar câncer, mas modificam a célula permanentemente de tal forma que quando entram em contato com promotores de tumor essas células são então transformadas e geram câncer, não importa o tempo que tenha decorrido entre os dois eventos.

No mecanismo normal de divisão celular há genes que inibem a divisão e há genes que a estimulam. Ocorre câncer quando há mutação em um dos genes que controlam esses mecanismos. Os genes que inibem a divisão celular são chamados de genes supressores de tumor e o gene alterado que hiperativa o estímulo a divisão celular é chamado oncogene. As substâncias químicas podem atuar promovendo mutações genéticas e chegar a essas alterações permanentes. Aqui estão a maior parte das substâncias carcinogênicas. É por isso que quando uma substância é suspeita de ser carcinogênica ela requer todo cuidado. Tem-se sempre poucas evidências de carcinogenicidade em humanos (é preciso que ocorram em torno de sete mutações específicas, em uma única célula), pode ocorrer após uma única exposição, mas é mais garantido que ocorra após exposições repetidas por um período longo de tempo. Se as características físico-químicas da substância fazem com que tenha uma longa meia-vida, portanto persista muito tempo sem se metabolizar, e também facilitem sua acumulação nos organismos vivos, então haverá mais substância no interior do organismo para promover tais mutações genéticas. De toda forma, o câncer é sempre um evento muito raro e pode ocorrer longe do momento de contaminação. Essa é uma das razões inclusive pela qual o câncer devido a substâncias químicas é pouco diagnosticado, é difícil realizar onexo causal.

Em vista dessas dificuldades, a carcinogenicidade é um dos testes toxicológicos que são realizados para avaliar uma substância química. São realizados diversos ensaios em animais de laboratórios com diversas doses, vias de administração, duração da exposição e espécies diferentes de animais para avaliar o tipo e local de câncer produzido. Normalmente, é com dados em animais que contamos com maior frequência, o que implica em grandes incertezas: o organismo do rato é muito diferente do humano; os ratos têm algumas estruturas anatômicas diferentes dos humanos; há uma variabilidade muito grande entre os humanos; em geral as doses usadas para experimentos com animais são altas e como extrapolar esses resultados para baixas dosagens que, em geral, é como os humanos são expostos? São incertezas com as quais vamos lidar o tempo todo nesse capítulo uma vez que é com dados de experimentos com animais que vamos trabalhar.

As substâncias são classificadas segundo sua carcinogenicidade. Aqui utilizaremos a classificação elaborada pela Agência de Proteção Ambiental Americana (Environmental Protection Agency - EPA) e pela Agência Internacional de Investigação do Câncer (International Agency for Research on Cancer - IARC). Conforme veremos a seguir, essas classificações estão baseadas, em sua maioria, em experimentos com animais. Conforme veremos adiante, quando a EPA classifica um agente como 2b significa que existem evidências suficientes de carcinogenicidade em animais mas não são suficientes os dados em humanos. Diz-se então que o agente é um carcinógeno provável. As tabelas VIII-1 e VIII-2 apresentam as classificações dos carcinógenos segundo as duas instituições.

Tabela VIII-1: EPA classificação dos carcinógenos

Categorias	Evidências
A Carcinógeno humano	Dados suficientes em humanos
B Carcinógeno provável humano	
B1	Dados limitados em humanos e dados suficientes em animais
B2	Dados em humanos inadequados ou ausentes e dados suficientes em animais
C Carcinógeno humano possível	Dados em humanos ausentes e dados limitados em animais
D Não há evidências de ser carcinógeno humano	Dados ausentes ou inadequados em humanos ou em animais
E Não carcinógeno humano	Nenhuma evidência em estudos adequados em humanos ou animais.

Fonte: Hallenbeck, 1993:25-26.

Tabela VIII-2: IARC classificação dos carcinógenos

Categorias	Evidências
1 Carcinógeno humano	Dados suficientes em humanos
2A Carcinógeno provável humano	Dados limitados em humanos e dados suficientes em animais OU dados suficientes em animais e outros dados relevantes
2B Carcinógeno humano possível	Dados limitados em humanos OU dados suficientes em animais OU dados limitados em animais e outros dados relevantes
3 Não há evidências de ser carcinógeno humano	Dados ausentes ou inadequados em humanos ou em animais
4 Provável não carcinógeno humano	Nenhuma evidência em estudos adequados em humanos e animais.

Fonte: Hallenbeck, 1993:25-26.

Assim, um agente químico é considerado carcinogênico quando aumenta a ocorrência de câncer ao ser administrado a animais, em comparação com

controles não tratados. Existem quatro tipos de respostas neoplásicas aceitas como evidências de carcinogenicidade, o aumento da taxa “normal” de ocorrência de tumores, o desenvolvimento de novos tipos de câncer, uma diminuição do tempo médio para o aparecimento de um tumor e uma nova multiplicidade de cânceres.

Uma das grandes dificuldades do estudo da carcinogenicidade das substâncias químicas é a escassez de dados em humanos. A maior parte dos agentes, quando há informações, são extraídas de dados de experimentos em animais. Para a extrapolação desses dados para humanos, é preciso ter em conta que além das diferenças entre as espécies, são utilizados experimentos que usam grandes doses, em geral os animais são submetidos a curtos períodos de exposição. Na maioria das situações de exposição humana encontramos baixas doses e exposição de longa duração. Para minimizar essas dificuldades diversas instituições internacionais desenvolveram modelos para permitir que se faça, com alguma segurança, essa extrapolação dos dados em animais para situações de exposição humana.

O modelo em estágios múltiplos é o método de extrapolação de altas para baixas doses utilizado pela EPA. É um modelo que pressupõe que a resposta câncer ocorra após uma série de eventos celulares. Também é admitido que resposta 0 se obtém quando a dose é 0, ou seja a curva dose-resposta passa necessariamente pela origem (0,0). Essa estimativa de resposta humana para baixas doses produz uma reta cujo fator de inclinação (*slope factor*) é o indicador utilizado para estimar excesso de risco de câncer para cada substância. Ele significa a potência carcinogênica de uma substância, quando a pessoa está exposta durante toda sua vida a 1mg/Kg-dia desta substância. Ele é então apresentado como um risco por (mg/Kg)/dia. Por exemplo, para o DDT a EPA atribui um slope factor de $3,4 \times 10^{-1} \text{ (mg/kg-dia)}^{-1}$ o que significa a resposta câncer estando exposto durante toda a vida a uma dose de 1 mg/kg-dia de DDT.

O risco unitário de câncer é outro indicador que informa o risco estimado de câncer para cada unidade de concentração no meio considerado. Ele é uma estimativa quantitativa de risco ou por $\mu\text{g/L}$ de água potável ou por $\mu\text{g/ m}^3$ de ar respirado. Por exemplo, a EPA atribui um risco unitário de câncer por inalação do cádmio de $1,8^{-3}$ por $(\mu\text{g/m}^3)$ o que significa a estimativa de risco caso haja exposição a uma concentração de cádmio no ar de $1 \mu\text{g/m}^3$ de ar inalado durante toda a vida³. São indicadores de potência carcinogênica que multiplicados pela dose (em se tratando de fator de inclinação) ou pela concentração no ar ou água (risco unitário) darão as estimativas de excesso de risco de câncer conforme veremos adiante.

³ “In terms of quantitative risk assessment per se, ATSDR does not currently engage in low-dose modeling efforts or in the development of associated cancer potency factors or slope estimates. In some instances, cancer potency factors, developed by the Environmental Protection Agency (EPA), are used by ATSDR to estimate cancer risk levels”. [ATSDR Cancer Policy Framework, Janeiro, 1993]

Estes são parâmetros que devem ser levados em conta quando se realiza a investigação e o acompanhamento de saúde de uma população exposta a compostos químicos.

1.1.2. Efeitos Sistêmicos

A maior parte dos estudos de toxicidade de uma substância química é feita com animais. Esses estudos são realizados oferecendo uma dose conhecida de uma substância a uma população de animais. Eles são realizados com diversas doses para que se possa determinar alguns indicadores de toxicidade como o NOAEL (no-observed-adverse-effect-level) que é o nível de maior dose oferecida a uma população de cobaias que não apresentou nenhum efeito adverso; o LOAEL (lowest-observed-adverse-effect-level) indica qual o menor nível de dose em que foi observado efeito adverso.

Cada um desses indicadores é elaborado para cada tipo de exposição, quanto a duração (pode ser aguda -, intermediária - e crônica -) e quanto a via de exposição (respiratória, digestiva, cutânea). Outro indicador de toxicidade é a DL50 (dose letal 50 – aquela que mata 50% da população de cobaias). Com base nesses estudos com animais são elaboradas as curvas de dose - resposta (para cada efeito, nas abscissas são colocadas as doses e nas ordenadas a população de cobaias que apresenta o efeito). Os efeitos sistêmicos ocorrem quando a substância produz efeitos sobre os mais diversos órgãos (rins, fígado, cérebro, coração etc) e tecidos, que são observados em animais. Nem sempre eles são os mesmos observados em humanos, mas é lícito supor a ocorrência de efeitos em humanos caso ocorram em animais. Essa extrapolação de animais para humanos é realizada considerando graus de incerteza.

O indicador que vamos utilizar nesse estudo é o Nível onde o Risco é Mínimo (Minimal Risk Level - MRL). É definido como uma estimativa de exposição diária humana a uma substância perigosa que provavelmente não trará risco apreciável de efeito adverso diferente do câncer, considerando uma duração específica de exposição (aguda – 1-14 dias, intermediária – 15 – 364 dias, e crônica – 365 dias ou mais) para uma determinada via de exposição. O MRL foi criado para dar idéia do perigo que representa cada substância. Exposições acima do MRL não significam que ocorrerão efeitos adversos. É um indicador de perigo e quer dizer que exposições até esse nível provavelmente não acarretarão efeito adverso inclusive à pessoa mais sensível. O MRL é baseado no NOAEL referido ao estudo que menor dose utilizou para verificar o efeito mais sensível que a substância produziu, associado aos graus de incerteza. Quando se dispõe de informações suficientes de diversos estudos em animais, em diversas espécies, é utilizado o maior nível de dose em que não foi observado nenhum efeito adverso (NOAEL). O MRL é produzido dividindo-se o NOAEL pelos fatores de incerteza. Em geral, quando se usa o NOAEL, os fatores de incerteza são 2 (10^2) agregando um fator 10 pela extrapolação de

animais para humanos e outro fator 10 pela variabilidade e suscetibilidades humanas.

Conforme veremos adiante, quando examinarmos cada substância de *per si* e seus possíveis efeitos na população de Santo Amaro, cada nível de exposição corresponderá a possibilidade ou não de ocorrerem determinados efeitos adversos na população exposta. Serão apresentadas estimativas de dose de exposição para os diversos grupos populacionais de Santo Amaro, baseadas nas concentrações de cada substância encontradas nos diversos compartimentos ambientais.

1.2. A POPULAÇÃO

Para uma análise mais detalhada da exposição humana e seus efeitos sobre a saúde dividimos a população em grupos de acordo com a faixa etária, importante para procedermos ao cálculo da exposição e também para a discussão dos efeitos sobre a saúde.

Na discussão dos efeitos das substâncias químicas sobre a saúde das pessoas, alguns grupos merecem atenção especial, são as ditas populações susceptíveis. Uma população susceptível exibe respostas diferentes ou mais acentuadas a uma determinada substância química do que a maioria das pessoas expostas ao mesmo nível da substância no meio ambiente. Entre as razões para esta susceptibilidade estão herança genética, mecanismos imunológicos de defesa ou mecanismos enzimáticos ainda não totalmente ativos ou já em processo de desgaste, estado nutricional e de saúde entre outros. Estes fatores vão contribuir para uma diminuição da capacidade do organismo de detoxificar ou excretar as substâncias químicas contribuindo para o aumento do seu potencial tóxico. Entre os grupos populacionais particularmente susceptíveis aos contaminantes de interesse definidos estão as crianças e idosos, mulheres (Vahter, Berglund, Akesson et al, 2002) pessoas com doenças genéticas ou disfunções renais ou hepáticas e alcoólatras e fumantes.

Em relação a Santo Amaro, as crianças adquirem especial importância pela evidente exposição demonstrada a partir dos estudos epidemiológicos realizados. Elas podem diferir dos adultos na susceptibilidade às substâncias químicas, porém isto depende do químico. Podem ser mais ou menos susceptíveis do que os adultos e esta relação se altera com a idade. A vulnerabilidade frequentemente depende do estágio de desenvolvimento. Há períodos críticos no estágio de desenvolvimento de uma determinada estrutura orgânica ou funcional, no qual ela é mais sensível a lesão, tanto no período pré como no pós-natal. O dano pode não ser evidente até um estágio bastante posterior da vida.

Há frequentemente diferenças no metabolismo dos xenobióticos entre crianças e adultos. Se estas diferenças tornam as crianças mais ou menos susceptíveis vai depender se as enzimas envolvidas atuarão na detoxificação ou na

formação de novos metabólitos tóxicos a partir do composto químico original. Podem também haver diferenças na capacidade de excreção, em particular em recém-nascidos que têm menor capacidade de filtração glomerular e reabsorção tubular. Crianças e adultos podem também diferir na sua capacidade de reparar danos teciduais a partir de insultos químicos. As crianças têm também maior tempo de vida para expressar o dano ocorrido; esta característica é particularmente relevante para câncer.

Crianças, principalmente até os 05 anos, são mais susceptíveis aos efeitos tóxicos do chumbo. Isto ocorre não só pela absorção intestinal aumentada (50%) em relação aos adultos (15%), mas também pela vigência freqüente de alguma deficiência nutricional nesta faixa etária. A atividade de engatinhar, brincar no chão e o hábito de comer terra favorecem a ingestão de poeira e solo contaminado. Além disso, a dieta das crianças, principalmente de 01 até os 03 anos, é geralmente deficiente em ferro, cálcio e zinco, o que contribui para a absorção de chumbo e potencialização do seu efeito tóxico. Crianças necessitam de menores doses de chumbo no sangue para a ocorrência de efeitos tóxicos. Lactentes também são susceptíveis através da amamentação pela contaminação do leite pelo chumbo a partir das mães expostas.

Por estas razões este estudo se preocupou em analisar a possibilidade de ocorrência dos problemas de saúde na população de Santo Amaro a partir de uma estratificação em faixas etárias.

1.3. EXPOSIÇÃO

Para que possam ocorrer efeitos sobre a saúde a partir da contaminação ambiental é preciso que a população se exponha às substâncias presentes no ambiente. Vimos nos capítulos anteriores à descrição das rotas pelas quais as substâncias entram em contato com a população de Santo Amaro. O cálculo da dose de exposição (ANEXO VIII-1) é o que vai nos dar a idéia da quantidade da substância que está entrando em contato com os organismos humanos seja através da inalação, da ingestão ou da absorção pela pele. Para tanto é necessário levarmos em conta a estratificação dessa população segundo faixa etária, uma vez que cada grupo etário possui um padrão de comportamento característico que faz com que fique mais ou menos tempo, ou mais ou menos intensamente em contato com o agente contaminante. Por exemplo, as crianças costumam brincar na terra o que aumenta o contato da pele com o solo superficial contaminado e a ingestão através das mãos sujas que vão à boca. Quando calculamos a dose de exposição de cada grupo químico abaixo, levamos em conta todas as vias pelas quais o agente químico penetra no organismo humano para cada um dos subgrupos populacionais definidos: crianças até 11 anos (inclusive) e o grupo com 12 anos e mais.

No caso da cidade de Santo Amaro também tivemos que considerar a população exposta a partir das rotas de exposição completa estabelecidas. Tivemos que ponderar que foram estabelecidas rotas completas de exposição

no passado, presente e futuro e definidos contaminantes de interesse distintos a partir destas rotas.

Pode-se definir três grandes grupos de populações expostas no passado: (1) trabalhadores (ex e atuais) da PLUMBUM, e suas famílias, e da empresa de fabricação de guardanapos BOKALOKA durante o período em que esta funcionou nas instalações da PLUMBUM –exposição a chumbo, cádmio e zinco (estabelecida a partir de avaliação da AMBIOS, 2003).

A população de ex-trabalhadores da PLUMBUM também estava exposta ao arsênio produzido durante o processamento do minério; (2) população que residia no entorno da empresa, até 900m – exposição a chumbo e cádmio (estabelecida a partir de estudos anteriores que só avaliaram estas duas substâncias); (3) população em geral que consumia produtos da biota aquática e vegetais contaminados – exposição a chumbo e cádmio (estabelecida a partir de estudos anteriores que só avaliaram estas duas substâncias).

No presente pode-se definir duas populações expostas: (1) população residente no entorno da empresa, até 500m.- exposição a chumbo, cádmio, zinco e cobre; (2) colônia de pescadores de Caieiras, em especial, e população geral que consome moluscos – chumbo e cádmio.

No futuro, em mantendo-se as condições de contaminação ambiental existentes: (1) população residente no entorno da empresa, até 500m.- exposição a chumbo, cádmio, zinco e cobre; (2) colônia de pescadores de Caieiras, em especial, e população geral que consome moluscos – chumbo e cádmio.

2. AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA

2.1. Efeitos tóxicos dos contaminantes de interesse

2.1.1. Efeito carcinogênico

É importante ter em conta que quando uma substância é considerada carcinogênica deve-se considerar que o câncer pode ocorrer em qualquer lugar do organismo humano. Mesmo que só existam evidências em animais e com altas doses (como na classificação B2 da EPA, por exemplo), e mesmo que em animais o câncer apareça em um único sítio, a IARC recomenda que se considere todas as possibilidades de câncer (Hallenbeck, 1993).

O zinco e o cobre estão classificados no grupo D pela EPA (EPA /IRIS, 2003) e o cobre no grupo 3 pelo IARC (não há definição para o zinco). Isto significa que estas substâncias não apresentam evidências até o momento de terem potencial de causar câncer em seres humanos. O cádmio é considerado cancerígeno aos seres humanos (grupo 1) pelo IARC (IARC, 1993) e provável carcinógeno humano pela EPA (grupo B1). O chumbo é classificado pela EPA como B2, provável carcinógeno humano, por via oral, a partir de experimentos em animais com desenvolvimento de tumores renais após ingestão de sais solúveis de chumbo. É considerado possível carcinógeno humano pelo IARC (grupo 2B) indicando que existem dados de ocorrência de câncer em humanos,

associada com a exposição ao chumbo, mas que eles são inadequados ou ausentes ou limitados (tabela VIII-3).

Tabela VIII-3 : Classificação segundo carcinogenicidade dos contaminantes de interesse, Santo Amaro-BA, 2003.

Substância	EPA	IARC
Cádmio	B1	1
Chumbo	B2	2B
Cobre	D	3
Zinco	D	-

Fonte: EPA – IRIS / 2003.

2.1.2. Efeito não-carcinogênico

2.1.2.1. Chumbo

O chumbo é um metal amplamente utilizado na nossa sociedade. Várias são as fontes de exposição a este metal: fabricação e reforma de baterias; fabricação de pisos, azulejos, cerâmicas, cristais; fabricação e uso de pigmentos, tintas, vernizes; mineração; gráfica; funilaria de automóveis; e vários outros. Seus efeitos nocivos sobre o organismo humano são potencializados por alguns fatores como a idade – crianças são mais sensíveis, em particular sobre seu desenvolvimento; fatores nutricionais – deficiência de ferro e desnutrição; presença de doenças concomitantes, entre outros (Keogh e Boyer, 2001).

As principais vias de absorção são respiratória e digestiva, sendo a inalação a principal forma de penetração no organismo por exposição ocupacional e a ingestão por exposição ambiental. O chumbo se difunde no plasma e se deposita nos “tecidos duros”, ossos, dentes, cabelos. Apenas 3% da carga corpórea total é circulante, sendo que 50% é ligado a hemoglobina. A fração livre no plasma é que tem efeito lesivo. De acordo com um gradiente de concentração o chumbo é progressivamente liberado dos reservatórios para o sangue. Sua ação tóxica se dá pelo contato da fração livre no plasma com os “tecidos moles”, principalmente fígado, rim, medula óssea e sistema nervoso. É excretado pela urina, fezes e suor. A meia vida do chumbo no sangue é de 28 a 36 dias, nos tecidos moles é de 46 dias e no esqueleto é de 10 a mais de 20 anos.

BIOMARCADORES DO CHUMBO

A avaliação da contaminação de uma pessoa pelo chumbo pode ser feita através de vários testes que indicam exposição crônica ou recente ou o resultado da ação dele no organismo. Os biomarcadores de exposição para as formas inorgânicas e orgânicas do chumbo são geralmente a mensuração dos níveis totais de chumbo nos tecidos ou fluidos. A mensuração da concentração de chumbo no sangue (PbS) é o mais amplamente usado biomarcador de exposição ao chumbo. Um nível de PbS maior do que 10µg/dl indica excessiva exposição ao chumbo. O índice de tolerância biológica para trabalhadores

expostos admitido nos Estados Unidos é 30µg/dl e no Brasil é 60µg/dl. Como a meia vida do chumbo no sangue é de 28 a 36 dias, os níveis no sangue refletem exposição recente, seja de forma aguda e de alto nível ou crônica ou intermitente de baixo nível.

No entanto, algumas considerações devem ser feitas quando utilizamos este biomarcador para avaliar exposição de uma população (Leroyer, Hemon, Nisse et al., 2001). Devido aos processos de transferência, mobilização e estocagem entre os diferentes compartimentos do organismo os níveis de PbS não servem como medida exata da exposição ao chumbo ou da carga corporal total. A relação entre a exposição e absorção do chumbo, por via respiratória ou gastrointestinal, e os níveis de PbS não é linear. Nas altas exposições o aumento da concentração de PbS é menor do que nas baixas exposições, devido a alterações na cinética do chumbo nos tecidos, diminuição da absorção ou aumento da excreção (ATSDRa,1999). Assim, o nível de chumbo no sangue não é uma avaliação exata da carga de chumbo nos tecidos e das alterações nos níveis teciduais em relação as alterações observadas na exposição. Há também uma relação não linear entre os níveis de PbS e os efeitos tóxicos ou metabólicos observados. Em crianças observa-se uma instabilidade dos níveis de PbS com aumento médio de 5µg/dl do nascimento até os 2 anos; em crianças mais velhas os níveis são mais estáveis.

O chumbo também pode ser medido no cabelo e na urina. No cabelo tem sido usado como indicador de exposição intermediária (2 meses) em crianças. Tem a desvantagem de ser muito susceptível a erros de análise por contaminação artificial externa ou tratamentos do cabelo (pintura, etc.) O chumbo na urina não é um bom biomarcador devido aos níveis relativamente baixos e flutuantes de excreção.

Alterações fisiológicas associadas com a exposição ao chumbo podem ser usadas como biomarcadores de exposição. Um dos mais sensíveis efeitos da exposição ao chumbo é a inibição da via de biosíntese do heme, a qual é necessária para a produção das hemácias. A inibição pelo chumbo da enzima ferroquelatase na via do heme causa acúmulo de protoporfirinas nos eritrócitos. A maioria das protoporfirinas nos eritrócitos (cerca de 90%) existe como zinco protoporfirina (ZPP). Esta é a fração preferencialmente mensurada pelo método de hematofluorimetria. Os métodos de extração mensuram todas as protoporfirinas existentes, mas extraem o zinco a partir da ZPP durante o processo de extração. Por esta razão os resultados deste método são às vezes apresentados como protoporfirina eritrocitária livre (FEP). Portanto, os resultados relatados como protoporfirina eritrocitária (EP), protoporfirina eritrocitária livre (FEP) ou zinco protoporfirina (ZPP) todos refletem essencialmente a mesma análise. A concentração de ZPP aumenta a partir de níveis de PbS de 25 a 30µg/dl existindo uma correlação positiva entre estes dois bioindicadores. A determinação de ZPP no sangue é um indicador de exposição passada, desde que ZPP elevada reflete os níveis médios de

chumbo no sítio de eritropoese dos últimos 04 meses. Entretanto, outras doenças ou condições podem também alterar a síntese do heme como porfiria, cirrose hepática, deficiência nutricional de ferro, idade e alcoolismo, produzindo aumento das protoporfirinas. Além disso, a ZPP não é um biomarcador sensível para níveis de PbS menores que 25µg/dl, de importância especial para as crianças.

O chumbo inibe a ALAD (enzima da via do heme) cuja diminuição do nível no sangue é um indicador sensível de exposição recente ao chumbo. Como resultado desta inibição ocorre a elevação do ácido delta aminolevulínico que pode ser medido na urina (ALA-U, intermediário da via do heme que se acumula a partir da inibição da ALAD) porém não é um indicador tão sensível quanto a ALAD.

É importante assinalar, no entanto, que nenhum destes bioindicadores, ALAD, ALA-U e ZPP são específicos para o chumbo e, para nenhum deles, inclusive PbS, é possível prever quanto tempo permanecem elevados após cessada a exposição. As tabelas VIII-4 e VIII-5 abaixo mostram os testes possíveis e os níveis de PbS a partir dos quais se observam alterações nos resultados assim como os valores de normalidade e tolerância biológica admitidos pela legislação brasileira.

Tabela VIII-4: Biomarcadores de exposição e efeito para o chumbo correlacionados com níveis de chumbo no sangue a partir dos quais são alterados.

BIOMARCADOR	Nível de chumbo no sangue (PbS)
PbS	> 10µg/dl
Inibição da atividade da ALAD nos eritrócitos	21 - 30µg/dl
Aumento dos níveis de ALA-U	> 35µg/dl (adultos) > 25 - 75µg/dl (crianças)
Inibição da atividade da NADS (adenina dinucleotideo sintetase) nos eritrócitos	> 40µg/dl
Aumento dos níveis de ZPP	> 25 - 30µg/dl

Fonte: Toxicological profile for Lead, ATSDRa/1999.

Tabela VIII-5: Biomarcadores de exposição e efeito para o chumbo e parâmetros de normalidade aceitos pela legislação brasileira.

BIOMARCADOR	Valor normal	Nível Limítrofe
PbS	Até 40µg/dl	60µg/dl
PbU (chumbo na urina)	Até 60µg/dl	150µg/dl
ALAD	30 – 60U/L	10U/L
Protoporfirinas livres	Até 60	300
ALA-U	Até 4,5mg/g de creatinina	15 mg/g de creat.
Coproporfirina urinária	Até 150µg/L	200µg/L
ZPP	Até 75µg/dl	200µg/dl

Fonte: Norma técnica sobre saturnismo – Ministério da Previdência e Assistência Social (11/1999): Lei 8213 de 24/07/1991. Decreto nº3048 de 06/05/1999. <http://www.toxikon.com.br/q1nr7.html>

O chumbo inibe a formação do metabólito da vitamina D, 1,25 - dihidroxivitamina D, no metabolismo mineral ósseo, com conseqüente redução dos seus níveis séricos. Crianças com PbS de 12 a 120µg/dl, apresentam diminuição dos níveis deste metabólito, semelhantes aos encontrados em outras doenças como hipoparatiroidismo e doença óssea metabólica, não sendo portanto um método específico para a exposição ao chumbo.

O chumbo também pode ser mensurado nos ossos ou dentes através de técnicas de fluorescência por raio X. Estes testes indicam exposição de longo tempo (crônica) ao chumbo. O chumbo se acumula no osso e a maior parte da carga corporal de chumbo reside no osso. Como o chumbo não se distribui uniformemente no osso ele se acumulará nas regiões dos ossos que estão em processo ativo de calcificação na época da exposição. Isto é importante para nortear em quais ossos deve ser realizado o exame. Caso a exposição tenha ocorrido durante a infância, pode-se mensurar os níveis de chumbo na patela, calcâneo e esterno, que refletem primariamente osso trabecular cujo processo de calcificação é mais ativo durante a infância. Caso a exposição tenha ocorrido durante a vida adulta pode-se avaliar tibia, falange e ulna que refletem os níveis de chumbo no osso cortical onde ocorre o processo de calcificação nos sítios de remodelação.

Chumbo nos dentes tem sido considerado um potencial biomarcador de exposição prolongada ao chumbo (anos) porque este se acumula na dentina e no esmalte dos dentes e parece ser retido até que o dente caia ou seja extraído. O chumbo no esmalte parece refletir a exposição ao chumbo que ocorre intra-útero e no recém-nascido, antes da erupção dos dentes. O chumbo na dentina parece refletir a exposição que ocorre até o momento que o dente cai ou é extraído.

EFEITOS SOBRE A SAÚDE

As doses observadas em Santo Amaro são compatíveis com efeitos cardiovasculares nas crianças (alterações de pressão arterial e eletrocardiográficas) e incidência aumentada de morte por câncer de pulmão e por lesões renais, hipertensão arterial e doença cerebrovascular. Porém, ainda não existem evidências suficientes para estabelecer uma relação causal inequívoca entre os níveis de chumbo no sangue e o aumento da pressão arterial.

É observado anemia (hematócrito menor que 35%) em crianças com doses acima de 20µg/dl e diminuição da hemoglobina com exposição a doses acima de 40µg/dl. Os efeitos hematológicos em geral ocorrem com doses acima de 15µg/dl.

São observadas alterações hepáticas (sistema oxidase) em crianças – dose não referida e alterações renais: nefropatia, gota, hipertensão arterial, alterações enzimáticas (NAG) com doses a partir de 34,2µg/dl .

Parece não haver efeitos sobre os hormônios tireoidianos, hormônio luteotrófico (LH) e hormônio folículo – estimulante (FSH). Alguns autores acharam retardo na taxa de crescimento com doses a partir de 7,7µg/dl.

Observam-se alterações neurológicas em adultos com doses a partir de 30µg/dl: diminuição da velocidade de condução nervosa (Sistema Nervoso Periférico); alterações neurocomportamentais (irritabilidade, alterações de memória, distúrbios da função oculomotora); sintomas e sinais neurológicos (cefaléia, parestesia, diminuição da libido, fraqueza); e encefalopatia em doses mais altas. Em crianças doses acima de 6µg/dl apresentam alterações na função neurocomportamental (leve diminuição da performance em testes de QI); funções cognitivas e motoras alteradas; alterações no potencial evocado visual; neuropatia periférica e diminuição da velocidade de condução (20 – 30µg/dl); desequilíbrio postural (11,9µg/dl).

Observam-se alterações no desenvolvimento como baixo peso, prematuridade e aborto com doses a partir de 12µg/dl. Ocorrem alterações no desenvolvimento mental e motor de crianças com doses a partir de 10 – 15 µg/dl. Ocorre diminuição da fertilidade, aumento da ocorrência de aborto e de morte neo-natal com doses a partir de 10µg/dl e diminuição da mobilidade e do número de espermatozoides com doses a partir de 40µg/dl.

Embora não exista uma dose letal mínima para o chumbo, parece haver uma associação com taxas de mortalidade aumentadas para populações expostas, principalmente ocupacionalmente, resultando principalmente de cânceres, doença crônica renal (nefrose, nefrite) hipertensão arterial e doença cerebrovascular (Lustberg e Silbergeld, 2002). Em crianças parece haver uma associação de níveis elevados de chumbo com Síndrome de morte súbita (SIDS). Risco de óbito ocorre quando há encefalopatia. A taxa de chumbo no sangue associada com encefalopatia foi 90 – 800µg/dl (média: 330µg/dl) e com óbito foi 125 – 750µg/dl (média: 327µg/dl).

2.1.2.2. Cádmio

O cádmio é essencialmente um subproduto da metalurgia do zinco e do chumbo. É um metal que tem seu maior uso na indústria de acumuladores elétricos (68%), pigmentos (15%), estabilizante para matérias plásticas (10%) e galvanoplastia (5%). As principais fontes de contaminação são a exposição profissional, a alimentação (15 a 20µg/dl) e o tabaco (1 a 2µg/dl).

As principais vias de absorção são a respiratória (55%) e digestiva (10%) esta dependendo de fatores nutricionais como carências proteicas ou de ferro ou cálcio. O cádmio acumula-se no organismo, seus níveis aumentando com a idade na exposição não-ocupacional, decrescendo por volta dos 50 anos. O acúmulo principal é no fígado e rins (córtex renal) ligado a uma proteína de baixo peso molecular, a metalotionina. Sua meia vida é de 20 anos. Os parâmetros de normalidade para o cádmio são: sangue até 5µg/dl, que reflete a

intensidade de exposição dos últimos 2 a 3 meses, e na urina até 2µg/g de creatinina, podendo refletir depósito renal. A fração de troca corporal eliminada por dia é cerca de 0,05 a 0,1 por mil. Nos casos de intoxicação por ingestão de alimentos contaminados a eliminação fecal é mais importante que a urinária.

Na intoxicação aguda por inalação de fumos de óxido de cádmio os sintomas são respiratórios, podendo evoluir com uma pneumonite química e edema pulmonar. Nos casos de ingestão o quadro clínico será semelhante a uma gastrinterite.

Na intoxicação crônica por inalação de poeiras ou vapores de cádmio ou ingestão de alimentos contaminados, os principais órgãos afetados serão o rim e os ossos. O cádmio provoca uma alteração nos túbulos renais com perda de proteínas na urina (proteinúria). O valor crítico para a presença de cádmio no rim é de 10µg/gr de creatinina após o que pode haver nefropatia irreversível. Nos ossos causa um quadro de osteomalacia e osteoporose com fraturas espontâneas e fissuras pela perda renal de fosfato de cálcio, com fortes dores. Pode também afetar os pulmões, cujas lesões precedem as renais, com a instalação de uma síndrome obstrutiva e enfisema. O fígado pode sofrer degeneração gordurosa e pode haver anemia (ATSDR, 1999b).

Como indicadores de dose interna pode-se usar a dosagem de cádmio na urina que reflete carga corporal ou no sangue que indicará exposição recente. Como indicadores de efeito pode-se utilizar a dosagem de proteínas de baixo peso molecular como a beta2-microglobulina (valor normal até 100µg/l de urina) ou a eletroforese de proteínas que mostrará um padrão de dano tubular na intoxicação pelo cádmio.

2.1.2.3. Zinco

A principal rota de exposição ao zinco é através da dieta. Ocorre também inalação de poeiras e fumos de zinco e absorção cutânea a partir de preparados tópicos. A absorção intestinal de zinco é influenciada por fatores da dieta. A ingesta concomitante com proteínas vegetais, cádmio e fósforo diminui a absorção e com proteínas animais aumenta. Ele se concentra no pâncreas, próstata, rins, fígado, músculos e retina. Um grande número de enzimas do organismo humano necessita de zinco para funcionar. Ele interage com proteínas para regular a síntese de DNA e RNA e controlar a neurotransmissão. É necessário para o hormônio do crescimento e ajuda a manter a integridade estrutural da membrana celular (Fisher, 2001a).

Sua meia vida biológica excede 300 dias. Cerca de 70 a 80% é excretado nas fezes o que é acentuado pela ingesta de proteínas de origem vegetal. Ele também é eliminado através da urina (15%), suor (pode chegar a 25% em países quentes) e leite materno.

Sintomas agudos de intoxicação pelo zinco são fundamentalmente gastrintestinais. Ele também é lesivo aos olhos (irite e glaucoma) e pele (úlceras e dermatite). Ingestão crônica de altas doses de suplementos a base de zinco

(mais de 100mg/dia) dão origem a anemia sideroblástica e leucopenia. Está associado a febre dos fumos metálicos. O zinco parece não ser teratogênico, embora sua deficiência seja. Não é considerado carcinogênico.

As concentrações de zinco em seres humanos são maiores na próstata e retina (500mg/Kg). Níveis altos são achados também no fígado, rins, ossos, músculos e pâncreas. As concentrações de zinco no soro e plasma são próximas a 1µg/ml (100µg/dl). No sangue é cerca de 4 vezes maior pela concentração deste nos eritrócitos. A excreção urinária em humanos não ocupacionalmente expostos é cerca de 0.5mg na urina de 24hs (ATSDR, 1994).

2.1.2.4. Cobre

O cobre é um elemento essencial para o organismo dos mamíferos. Está envolvido na respiração celular, defesa contra radicais livres, neurotransmissão, metabolismo do ferro e síntese de tecido conectivo. Existem enzimas que são dependentes do cobre como a citocromo – oxidase e a dopamina beta-hidroxilase. A doença ocorre quando sua ingestão é deficiente ou excessiva. A principal rota de exposição é através da ingestão, porém pode também ocorrer inalação, a partir de poeiras e fumos de indústrias, ou absorção dérmica a partir de aplicações tópicas a base de cobre (Fisher, 2001b).

Um adulto ingere 1.2 a 5mg de cobre por dia, cerca de metade do qual é absorvida. Mais de 75% do cobre circulante é ligado a proteínas plasmáticas. Ele é distribuído através do corpo mas é estocado primariamente no fígado, músculos e ossos. O cobre é eliminado principalmente através das fezes após excreção dentro da bile. A excreção urinária é baixa em humanos.

A intoxicação aguda pelo cobre pode ser fatal dependendo da dose. Os achados predominantes são gastrointestinais estando também associado com a ocorrência de febre dos fumos metálicos. A toxicidade crônica e os efeitos a longo prazo da exposição ao cobre não tem sido bem estabelecidos. Está associado com a ocorrência da febre dos fumos metálicos e de perfuração do septo nasal, em trabalhadores expostos a inalação de poeiras ou fumos de cobre.

O cobre causa imobilização irreversível dos espermatozóides *in vitro*. Nenhum efeito teratogênico atribuído ao cobre foi relatado em humanos, porém altas doses em ratas grávidas foram relacionadas com aumento da mortalidade fetal e malformações no sistema nervoso central. Não há relatos de carcinogenicidade associada (ATSDR,2002).

Os níveis séricos normais são cerca de 1mg por litro variando de 0.87 a 1.37. Eles são levemente superiores nas mulheres e aumentam com a idade. O cobre no plasma está 95% na ceruloplasmina. Esta é uma proteína que se eleva nos estados inflamatórios agudos e crônicos, no uso de pílulas (pelo estrogênio), na gravidez, cirrose, câncer e tireotoxicose.

2.1.2.5. Arsênio

É um metal amplamente distribuído na natureza. Existe como impureza nas minas de cobre, chumbo, zinco, estanho e ouro; era utilizado na fabricação de inseticidas, herbicidas e fungicidas; é utilizado na indústria de corantes, eletrônica e algumas etapas na indústria de vidro; é constituinte da fumaça dos cigarros, em especial se o tabaco foi cultivado em solo tratado com herbicidas arsenicais. A água em geral contém poucos microgramas por litro. Algumas regiões têm água com altos teores de arsênio inorgânico por razões geológicas (México, Argentina, Chile, Formosa).

O arsênio se apresenta nas formas químicas de derivados inorgânicos, trivalentes ou pentavalentes, ou de derivados orgânicos. Seu mecanismo de ação celular é através de uma provável interferência nas enzimas mitocondriais com alteração da respiração celular. Pode ser absorvido por via oral, respiratória (poeiras e vapores) e cutânea (ácido arsênico, cloreto de arsênio). O arsênio absorvido é biotransformado da forma inorgânica para orgânica como um mecanismo de detoxificação. A intoxicação ocorre quando a exposição excede a capacidade de biotransformação. A principal via de eliminação é através da urina. Sua meia-vida é de aproximadamente 30 horas e existem relatos de transferência placentária.

Na intoxicação aguda quando ingerido produz um quadro gástrico de diarreia e dor abdominal, queimaduras na boca, choque hipovolêmico, insuficiência renal aguda, taquicardia ventricular e óbito em 12 a 48 horas. Quando não fatal causa também uma dermatite esfoliativa e polineuropatia sensitivo-motora, cerca de 1 a 2 semanas após a exposição, que é reversível. Quando inalado produz irritabilidade e alterações do sistema nervoso, digestivas e oculares.

Na intoxicação crônica produz principalmente alterações cutâneas multiformes, principalmente em mãos e pés, ceratoconjuntivite, irritação de vias respiratórias superiores e inferiores, ulceração e perfuração de septo nasal. Causa também uma polineuropatia motora e sensorial (Hall, 2002). Estudos recentes tem assinalado um possível efeito diabetogênico do arsênio (Tseng CH, Tseng CP, Chiou, et al, 2002)

O IARC, a EPA e o NTP (Programa de Toxicologia dos Estados Unidos da América – National Toxicology Program) classificam o arsênio inorgânico como carcinogênico para humanos. A exposição ao arsênio aumenta o risco de câncer de pulmão, fígado, próstata, rim, bexiga e pele.

Os biomarcadores de exposição ao arsênio mais utilizados são os níveis de arsênio na urina, cabelo e unhas (ATSDR, 2001).

2.1.2.6. Efeitos não carcinogênicos – INDICADORES DE RISCO

Conforme dito anteriormente, os Níveis de Risco Mínimo (Minimal Risk Level – MRL) são indicadores que nos darão idéia do perigo que representa para a população a exposição a cada uma dessas substâncias acima descritas. A

Dose de Referência (RfD) é o indicador utilizado pela EPA baseado no NOAEL associado aos graus de incerteza correspondendo à extrapolação de animais para humanos e à variabilidade intraespecífica (100 de incerteza). A tabela VIII-6 mostra o MRL e/ou RfD de cada contaminante de interesse.

Para o chumbo não há RfD ou MRL estabelecido. Vários fatores sociais, nutricionais, culturais e individuais influenciam a absorção, biotransformação e excreção do chumbo, e o conhecimento atualmente existente em relação a sua farmacocinética supõe que um indicador derivado de um método padronizado poderia não representar totalmente a população exposta. O chumbo tem um NOAEL estabelecido para exposição intermediária por via digestiva de 0.0015mg/kg/dia (estudo em ratos, com avaliação de efeitos lesivos sobre o sistema reprodutor, neurológico, hematopoiético e fígado).

Tabela VIII-6: Níveis de Risco Mínimo (Minimum Risk Level – MRL) e Dose de Referência (Reference Dose – RfD) dos contaminantes de interesse, Santo Amaro-BA, 2003.

Substância	MRL AGUDO (ATSDR)	MRL INTERMEDIÁRIO (ATSDR)	MRL CRÔNICO (ATSDR)	RfD (EPA)
Cádmio	Não estabelecido	Não estabelecido	Oral: 0,0002mg/kg/dia (Incerteza: 10) Efeito: Renal	Água: 0,0005mg/kg/dia (Incerteza: 10) Efeito: Renal Alimentos: 0,001mg/kg/dia (Incerteza: 10) Efeito: Renal
Chumbo	<i>O Grupo Técnico de MRL não estabelece um valor de MRL agudo</i>	<i>O Grupo Técnico de MRL não estabelece um valor de MRL intermediário</i>	<i>O Grupo Técnico de MRL não estabelece um valor de MRL crônico</i>	<i>O Grupo Técnico de RfD considera impróprio estabelecer um valor.</i>
Cobre	Oral: 0,02mg/kg/dia (Incerteza: 3) Efeito: Gastrintestinal	Oral: 0,02mg/kg/dia (Incerteza: 3) Efeito: Gastrintestinal	Não estabelecido	Não estabelecido
Zinco	Não estabelecido	Oral, 0,3 mg/kg/dia (Incerteza: 3) Efeito: Hematológico	Oral, 0,3 mg/kg/dia (Incerteza: 3) Efeito: Hematológico	Oral: 0,3 mg/kg/dia (Incerteza: 3) Efeito: Hematológico

Fonte: EPA – IRIS/2003.

2.2. Interação entre os agentes químicos

Como discutido na introdução deste capítulo, é fundamental a definição de todos os contaminantes de interesse. O potencial de agressão a saúde humana é aumentado pela exposição a mais de uma substância química. Elas interagem entre si, ou potencializando seus efeitos danosos sobre os órgãos e

sistemas, ou minorando estes efeitos através de mecanismos de atuação antagônicos (Thier, Golka, Bruning, et al, 2002).

Em relação aos contaminantes previamente definidos observam-se fenômenos de interação entre eles e com outros elementos e nutrientes. A susceptibilidade da intoxicação pelo chumbo é influenciada pelos níveis dietéticos de cálcio, ferro, fósforo, vitaminas A e D, nível protéico da dieta e álcool. Cálcio e Fósforo reduzem a absorção de chumbo. Cobre, Ferro e Zinco também afetam a absorção de chumbo.

Em crianças, a inter-relação existente entre os fatores nutricionais e o chumbo é particularmente importante em virtude deste grupo populacional ser particularmente sensível aos efeitos tóxicos do chumbo e sofrer as maiores alterações no seu estado nutricional. Vários relatos assinalam a associação existente entre absorção de chumbo e deficiências no estado nutricional.

A ingestão de ferro parece inibir a absorção de chumbo. Dietas pobres em ferro tendem a aumentar a susceptibilidade da intoxicação pelo chumbo porque acentuam a absorção gastrointestinal, o que sugere uma via de absorção comum para estes dois elementos. A taxa de absorção de chumbo é observada ser maior em pessoas com deficiência de ferro. Esta, em associação com níveis de chumbo elevados, produzem um maior grau de hematotoxicidade em comparação com a presença de um deles sozinho. Ferro e chumbo tem ações antagônicas em relação a ativação da ALAD: o chumbo inibe sua atividade e a deficiência de ferro estimula a atividade da ALAD.

Animais alimentados com dieta rica em cálcio e fósforo parecem ser menos susceptíveis aos efeitos do chumbo por impedirem seu acúmulo nos tecidos. Tem sido aventado que cálcio e chumbo competem por sítios de ligação similares nas proteínas da mucosa intestinal, as quais são importantes no processo absorptivo.

O chumbo bloqueia a resposta intestinal a vitamina D e seus metabólitos. Ocorre um efeito potencializador da exposição simultânea ao chumbo e etanol. Ratos expostos a ambos são mais susceptíveis aos efeitos neurológicos e hepatotóxicos do chumbo.

O Zinco parece ter um efeito protetor contra a toxicidade do chumbo. Em animais, ele reverte a ação inibitória do chumbo sobre a enzima ácido delta-aminolevulínico desidratase (ALAD). O excesso de zinco protege as enzimas contendo zinco como a ácido delta-aminolevulínico sintetase (ALAS), ferroquelatase e ALAD. A ação protetora do zinco pode estar ligada a uma inibição da absorção gastrointestinal do

chumbo. Em ratos, o zinco também diminui os efeitos genotóxicos do chumbo. Foi postulado que esta ação protetora poderia estar relacionada a seu funcionamento nas polimerases RNA e DNA e, portanto podendo acentuar o processo de reparação celular. (ATSDR/1999a). O Zinco também inibe a

absorção intestinal de cobre e aumenta sua excreção através do estímulo a produção de metalotioneína (Fisher, 2001a).

O cobre também parece ser antagonista dos efeitos tóxicos do chumbo sobre o sistema hematopoiético. Ocorre uma diminuição na captação de chumbo e na inibição da enzima ALAD induzida pelo chumbo, após administração de cobre, que parece ocorrer devido a um mecanismo de competição entre os dois metais pela ligação a sítios protéicos.

O cádmio também afeta a toxicidade do chumbo, diminuindo ou aumentando. Um estudo *in vitro* (DAVIS e AVRAM, 1978 apud ATSDR, 1999 – pg. 308) demonstrou que cádmio e zinco exercem uma ação antagônica sobre o efeito inibitório do chumbo na enzima ALAD. O cádmio é ainda mais potente que o zinco na ativação da ALAD. Estudos em animais mostram que ratos expostos simultaneamente a chumbo e cádmio tem uma taxa de mortalidade maior. Parece também haver uma ação sinérgica destes dois agentes no desenvolvimento de alterações neurocomportamentais.

A tabela VIII-7 abaixo sintetiza a interação entre o chumbo e diversos fatores nutricionais entre eles os contaminantes de interesse

Tabela VIII-7: Efeitos dos fatores nutricionais e contaminantes da dieta sobre a captação de chumbo (Pb).*

FATOR	NÍVEL DIETA	NA	EFEITO DA INTERAÇÃO DOS FATORES
CÁLCIO	BAIXO		Aumento da absorção severidade dos efeitos do Pb;
	ALTO		Aumento da retenção de Pb; Redução da liberação de Pb a partir do osso.
FERRO	BAIXO		Aumento da absorção e toxicidade do Pb.
ZINCO	BAIXO		Aumento da absorção de Pb; Aumento da transferência de Pb pelo leite materno e <i>in utero</i> ; Aumento dos níveis cerebrais de Pb.
COBRE	BAIXO		Aumento da absorção de Pb.
CÁDMIO	ALTO		Inibição
FÓSFORO	BAIXO		Aumento da captação e retenção de Pb.

* Efeitos observados em animais. Tabela adaptada de : Table 2-12: Effects of nutritional factors on Lead Uptake in Animals. Toxicological Profile for Lead – ATSDR, 1999. Pgs 310/311.

2.3. Cálculo das doses de exposição em Santo Amaro

Para o cálculo das doses de exposição (ANEXO VIII-1), além dos dados de contaminação ambiental e da divisão da população exposta em faixas etárias, são necessárias estimativas do consumo de alimentos, frequência e duração da exposição, para cada rota completa e potencial.

Foram consideradas duas faixas etárias para o cálculo da dose de exposição⁴, até 11 anos considerando peso corporal médio de 30kg e 12 anos e mais, considerando peso corporal médio de 70 kg.

O cálculo das doses de exposição foi realizado a partir dos contaminantes definidos como de interesse, ou seja, aqueles que apresentaram concentrações nos meios examinados acima dos valores de referência e constituíam rota de exposição completa. Eles se constituíram no chumbo e cádmio para a rota alimentos e chumbo, cádmio, zinco e cobre para solo contaminado.

O cálculo da dose de exposição para o chumbo foi feito a partir da ingestão de moluscos e vegetais (aipim e manga) e de solo contaminado. Não foi feito o cálculo da absorção dérmica a partir do solo porque segundo a literatura consultada esta é desprezível (Toxicological profile for Lead - ATSDR, 1999).

O cádmio é considerado uma substância carcinogênica ao ser humano (IARC – grupo 1A). Sua concentração máxima nos moluscos está muito próxima dos limites de segurança estabelecidos (AMBIOS,2003). Assim, foi realizado o cálculo da dose de exposição a partir da ingestão de moluscos e de solo. A absorção dérmica é considerada desprezível. (Toxicological profile for Cadmium - ATSDR, 1999).

Para o zinco e cobre foi realizado o cálculo da dose de exposição a partir da ingestão e absorção dérmica do solo contaminado.

Todas as normas aqui expressas são baseadas em estudos com animais e a extrapolação para humanos, no nosso caso uma população específica - a população de Santo Amaro, envolve muitas incertezas. Essas incertezas são de ordem geral, que estão presentes em toda e qualquer extrapolação, mas também temos que considerar outras que são específicas para o nosso caso.

Em relação ao cálculo da dose de exposição a partir dos dados de concentração ambiental, há incertezas envolvidas como o fato de trabalhar com um número limitado de amostras do meio contaminado. Uma forma de minimizar essa incerteza é tomar o limite superior de concentração de contaminante encontrado nas amostras, como foi adotado neste trabalho.

Como considerado anteriormente, a população em geral está exposta aos contaminantes chumbo e cádmio através da rota alimentos via a ingestão de moluscos. Não tínhamos claramente definido a frequência do consumo de moluscos contaminados em Santo Amaro.

Utilizamos como parâmetro de frequência de exposição as informações obtidas a partir da pesquisa feita pelo Prof. Fernando Carvalho (Carvalho, 1978) com pescadores da colônia de Caieiras, em Santo Amaro. Utilizamos este referencial porque este é, teoricamente, o grupo populacional mais exposto, já

⁴ No anexo VIII-1 podem ser vistas as fórmulas que deram origem aos valores apresentados assim como nos anexos VIII-2 a VIII-5 estão as tabelas demonstrativas dos cálculos realizados.

que vivem da pesca e “cata” de peixes, crustáceos e moluscos, e venda em Santo Amaro e adjacências. Segundo este estudo, 83,7% dos pescadores entrevistados da colônia de pesca de Santo Amaro referiam o consumo de 1 refeição, ou menos, a base de moluscos por semana (em um máximo de 07 refeições por semana).

Foi, portanto, adotada uma frequência de 01 refeição a base de moluscos por semana (01 refeição em 07 dias) com uma estimativa de consumo de 50g de mariscos para crianças e 100g para adultos. O ideal seria fazer o cálculo de consumo de cada pessoa, mas, como isso é impossível, temos que trabalhar com cenários possíveis de exposição.

Estudos anteriores já mostraram contaminação em peixes, crustáceos e moluscos, conforme relatado anteriormente (Capítulo V – Contaminantes de Interesse). A tabela VIII-8 apresenta os valores encontrados.

Tabela VIII-8: Dose de exposição diária aos contaminantes de interesse por ingestão de alimentos contaminados (molusco).

Dose de exposição (mg/Kg/dia)	Criança	Adulto
Chumbo	0.0013	0.0011
Cádmio	0.0002	0.0001

Fonte: AMBIOS (2003)

A população residente no raio de 500m da fábrica está exposta ao solo contaminado. Para o cálculo da exposição via ingestão de solo contaminado e absorção dérmica, foram utilizados valores padrão internacionalmente aceitos. É importante considerar que apesar da Av. Rui Barbosa estar asfaltada, em um raio de 500m ao redor da fábrica na localidade Caixa D’água, ainda persistem muitas ruas e vielas sem calçamento, e casas com quintais com solo exposto. A tabela VIII-9 apresenta os valores encontrados para ingestão e absorção dérmica do solo.

Tabela VIII-9: Dose de exposição diária aos contaminantes de interesse por absorção e ingestão de solo contaminado (residente em um raio de 500m da fábrica).

Dose de exposição diária (mg/Kg/dia)	Criança		Adulto	
	Ingestão	Absorção. Dérmica⁽¹⁾	Ingestão	Absorção. Dérmica⁽¹⁾
Chumbo	0.0392	-----	0.0042	----
Cádmio	0.0002	-----	0.00002	----
Cobre	0.0012	0.0020	0.0001	0.0015
Zinco	0.0502	0.8658	0.0053	0.6768

Fonte: AMBIOS (2003)

⁽¹⁾: Dose média de absorção dérmica para crianças e adultos.

A população residente no entorno da PLUMBUM, até 500m também está exposta ao chumbo via ingestão de aipim e manga contaminados que são plantados nas hortas e quintais das casas. Como não há valor limite estabelecido pela ANVISA (AMBIOS,2003) optamos por calcular a dose de exposição a partir da concentração deste metal, nestes vegetais (tabela VIII-10). Tivemos como objetivo o cumprimento da determinação metodológica da ATSDR de somar as doses de exposição obtidas a partir de todas as vias de exposição para o cálculo da dose de exposição total final. Além disso, o chumbo é um metal tóxico potencialmente lesivo a saúde.

Para o cálculo da dose de exposição consideramos frequências e duração de exposição diferentes para os dois vegetais. Estabelecemos uma frequência diária de ingestão de aipim durante o ano inteiro, tendo por base os hábitos alimentares locais. Para a manga estabelecemos uma frequência de ingestão de duas vezes por semana durante um período de 24 semanas (6 meses).

Tabela VIII-10: Dose de exposição diária aos contaminantes de interesse por ingestão de vegetais contaminados (aipim e manga).

Dose de exposição (mg/Kg/dia)	Criança	Adulto
Chumbo	0.0025	0.0011

Fonte: AMBIOS (2003)

A exposição via respiratória pela inalação de material particulado (poeira em suspensão levantada das ruas com o movimento de pedestres e meios diversos de transporte) que pode ocorrer a partir do solo contaminado exposto, é freqüente com o deslocamento, sobretudo de mulheres e crianças, e mesmo a partir da limpeza das casas. Entretanto não foi possível encontrar dados das concentrações atuais nesse meio. A análise da poeira domiciliar mostrou a presença de chumbo, cádmio, cobre e zinco nas casas no raio de 500m da PLUMBUM, indicando que houve, no passado, dispersão destes contaminantes pelo ar, atingindo a população residente no local.

Como considerado anteriormente, a dose total de exposição vai variar entre as populações expostas a partir da rota completa de exposição estabelecida. Para a população em geral, cuja rota de exposição estabelecida aos contaminantes de interesse é apenas a rota alimentar através do consumo de moluscos, a dose de exposição total é diferente da população residente até 500m de raio da fábrica.

Para a população residente no entorno da PLUMBUM o consumo de moluscos não é comum, segundo informações obtidas no local. Este é um alimento que, embora vendido na feira-livre local, é considerado caro para o padrão aquisitivo local. O cálculo da dose de exposição diária total então para a população moradora no raio de 500m da fábrica engloba as estimativas de dose que entram em contato com o organismo humano, via ingestão, considerando o

consumo de vegetais (chumbo), acrescido da estimativa de ingestão de solo contaminado (para o chumbo, cádmio, zinco e cobre) e via dérmica (contato do corpo humano com o solo e poeira contaminados) para o zinco e cobre (tabela VIII-11).

Tabela VIII-11 : Dose de exposição diária total (mg/kg.dia)⁵ para a população residente em um raio de 500m da fábrica.

Dose diária total (mg/Kg)	Criança	Adulto
Chumbo	0.0417	0.0053
Cádmio	0.0002	0.00002
Cobre	0.0032	0.0016
Zinco	0.916	0.6821

Fonte: AMBIOS (2003)

2.4. Efeito não-carcinogênico dos contaminantes de interesse em Santo Amaro da Purificação

Para avaliação do efeito não-carcinogênico dos contaminantes de interesse em Santo Amaro, tomou-se o Nível onde o Risco é Mínimo (MRL – Minimal Risk Level - ATSDR) baseado no NOAEL para exposição crônica. O ideal é comparar os valores encontrados com o MRL de exposição crônica definido para cada contaminante de interesse. No entanto, para o cobre só está definido o MRL de exposição intermediária. Para o chumbo, não há MRL, ou RfD, estabelecido para qualquer tipo de exposição ou por qualquer via pelas razões já mencionadas anteriormente (item 2.1.2.6). Isto significa dizer que não há dose definida para a qual a pessoa possa se expor, durante um período de tempo, sem risco a sua saúde. Na tabela VIII-12 são apresentadas as doses de exposição diária total para a população residente a 500m da fábrica em comparação com o MRL.

Tabela VIII-12: Doses de exposição diária total para a população residente a 500m da fábrica em comparação com o MRL. Santo Amaro, 2003.

Exposição total	Rota de exposição	Subpopulações		GUIA de saúde para ingestão		Excedida pela dose de exposição estimada
		DE Cr(8)	DE Ad (9)	Valor (mg/kg-dia)	Fonte	
Contaminante		DE Cr(8)	DE Ad (9)	Valor (mg/kg-dia)	Fonte	
Chumbo	Alimentos (veg.)	0.0025	0.0011	-----	-----	Não existe MRL estabelecido.
	Solo superficial	0.0392	0.0042			
	Total*	0.0417	0.0053			
Cádmio	Solo superficial	0.0002	0.00002	0.0002	MRL – C	Limítrofe –

⁵ No anexo VIII-1 podem ser vistas as fórmulas que deram origem aos valores apresentados. Nos anexos VIII-2 a VIII-5 podem ser vistos os cálculos das doses de exposição a partir de cada compartimento ambiental contaminado.

	Total*	0.0002	0.00002	(oral)		crianças
Cobre	Solo ingestão	0.0012	0.0001	0.02	MRL – I	NÃO para crianças e adultos
	Solo	0.0020	0.0015	(oral)		
	abs.cutânea	0.0032	0.0016			
	Total*					
Zinco	Solo ingestão	0.0502	0.0053	0.3 (oral)	MRL – C	SIM para crianças e adultos
	Solo	0.8658	0.6768			
	abs.cutânea	0.916	0.6821			
	Total*					

Fonte: AMBIOS (2003)

* somatório das concentrações dos contaminantes e os respectivos MRLs encontrados. Essa correspondência mostra a magnitude da exposição em Santo Amaro.

MRL – I: Nível de risco mínimo para exposição de duração intermediária (15 – 364 dias);

MRL – C: Nível de risco mínimo para exposição crônica (maior que 365 dias)

As referências utilizadas na tabela 12 são as relativas aos experimentos com baixa dose e longa duração (crônicos), os que mais se assemelham a situação vivida em Santo Amaro. Como o chumbo não tem nível de risco mínimo estabelecido para exposição humana, consideramos que qualquer valor de exposição pode significar risco de lesão para a saúde.

No entanto, a Organização Mundial da Saúde (OMS) através do seu comitê de especialistas em aditivos alimentares (FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) determina uma ingesta semanal provisória tolerável (PTWI) de 25µg/Kg de peso corporal (FAO/WHO,2000) para o chumbo como contaminante de alimentos.

Tanto a dose de exposição via ingestão de vegetais, como a dose de exposição total (ingestão de vegetais e solo) estão abaixo deste parâmetro determinado pela OMS para as subpopulações de interesse (crianças e adultos) (tabela VIII-13).

Tabela VIII-13: Comparação entre as doses de exposição encontradas nas subpopulações de interesse no entorno (500m) da PLUMBUM (em µg/Kg por semana) e a ingesta semanal provisória tolerável (PTWI) segundo a OMS.

Dose de exposição	CRIANÇA	ADULTO	PTWI
Alimento (vegetal)	0.0000175	0.0000077	25
Total	0.0002919	0.0000371	

Fonte: AMBIOS (2003)

Para as crianças moradoras até 500m do raio da fábrica, a dose total de exposição ao cádmio está no nível de risco mínimo estabelecido. Ela se refere apenas a exposição através do solo contaminado, não tendo sido encontrado cádmio nos vegetais. Lembramos que o MRL tem por objetivo servir como níveis de screening a partir dos quais são identificados contaminantes e

potenciais efeitos a saúde de interesse em sítios perigosos. O cádmio, além de um metal de toxicidade elevada é também carcinogênico.

As doses de exposição referentes ao cobre para crianças e adultos não superam os níveis de risco mínimo, porém é importante assinalar que este não se refere a exposição por toda a vida (MRL – crônico), o que traz consequências distintas sobre a saúde. A tabela VIII-14 mostra o excesso de risco para a ocorrência de efeitos não carcinogênicos para o zinco para a população moradora até 500m da PLUMBUM. As doses de exposição para crianças e adultos superam em três e duas vezes, respectivamente os níveis de risco mínimo estabelecidos para o zinco.

Tabela VIII-14: Demonstrativo do excesso de risco para efeitos não carcinogênicos (DE/Referência).

Contaminante	Referência (1)	DE/Ref (criança)	DE/Ref (adulto)
Zinco	0.3 (1)	3.05	2.27

Fonte: AMBIOS (2003)

(1) – Foram utilizados os MRL derivados de estudos de exposição crônica (maior que um ano).

Para a população geral, em especial a da colônia de pescadores de Caieiras, que se alimenta com moluscos, as doses de exposição para chumbo e cádmio estão abaixo do PTWI definido pela OMS para estes contaminantes (tabela VIII-15). No entanto, para as crianças que ingerem moluscos, a dose de exposição se iguala ao nível de risco mínimo para o cádmio.

Tabela VIII-15: Comparação entre as doses de exposição encontradas nas subpopulações que se alimentam de moluscos e ingesta semanal provisória tolerável (PTWI) segundo a OMS.

Dose de exposição (µg/Kg por semana)	Criança	Adulto	PTWI
Chumbo	0.0000091	0.0000077	25 ⁽¹⁾
Cádmio	0.0000014	0.0000007	7 ⁽²⁾

(1) Food and Agriculture Organization of the United Nations / WHO. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 2000. Food Additives and contaminants. WHO Technical Reports Series, 896.

(2) Food and Agriculture Organization of the United Nations / WHO. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 2001. Food Additives and contaminants. WHO Technical Reports Series, 901.

2.5. Excesso de risco de câncer

Não há slope factor estabelecido para o chumbo e o cádmio. Este fator pode não ser estabelecido caso hajam muitas incertezas em relação a substância específica. Vários fatores influenciam a absorção, biotransformação e excreção do chumbo, e o conhecimento atualmente existente em relação a sua farmacocinética supõe que um indicador derivado de um método padronizado poderia não representar totalmente o risco potencial de câncer. Em relação ao

Cádmio existe apenas o risco unitário, ou seja, a estimativa de risco caso haja exposição a uma concentração de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar inalado durante toda a vida. Infelizmente não é possível calcular o excesso de risco de ocorrência de câncer a partir do risco unitário porque este refere-se a uma concentração no ambiente, não a uma dose. No entanto, para toda substância carcinogênica, considera-se, como foi dito acima (seção 8.1.1.1), que há risco de desenvolver câncer para toda dose diferente de zero.

3. AVALIAÇÃO DOS EFEITOS SOBRE A SAÚDE

3.1 Estudos em populações humanas: análise dos estudos realizados

Os estudos a que tivemos acesso (vide bibliografia) referentes aos efeitos sobre a saúde da população decorrentes da contaminação ambiental causada pela PLUMBUM, englobam o período de 1978 até 2001. Os primeiros dados são de cerca de 18 anos após o início do funcionamento desta empresa e os mais recentes são de 06 anos após o encerramento das suas atividades. Estes estudos foram realizados em sua quase totalidade pelo grupo de pesquisadores do Projeto Estudos Ecológicos do Recôncavo da Universidade Federal da Bahia. São constituídos basicamente de projetos de pesquisa que originaram dissertações de mestrado e teses de doutorado com criterioso rigor metodológico na análise dos dados. Eles abrangeram a avaliação de biomarcadores de dose e efeito para chumbo e cádmio e a avaliação clínica e laboratorial da população residente no entorno da empresa até 900m, adultos e principalmente crianças, e de uma população de pescadores. Não foram pesquisados indicadores de exposição ou contaminação para o cobre e zinco. A presença destes dois contaminantes traz reflexos sobre o potencial de risco a saúde, a definição dos grupos populacionais expostos e o espectro de efeitos sobre a saúde.

Como primeiro resultado destes estudos a empresa foi obrigada por determinação judicial a realizar avaliação e monitoramento da saúde da população exposta. Tivemos acesso aos relatórios referentes a esta atividade no período de 1981 a 1983. Obtivemos informações adicionais de que esta foi realizada até pelo menos 1990. Estas informações foram-nos fornecidas durante reunião realizada em fevereiro de 2003 no prédio da FUNASA em Salvador/Bahia com o Dr. Ademário Spíndola, médico responsável pelo serviço médico da empresa no período de 1975 a 1980 e posterior consultor da mesma até 1990 e com a assistente social da empresa responsável pela realização desta atividade no período de 1985 a 1990.

Em 1978 foi realizado um estudo (Carvalho, 1978) com 201 pescadores das colônias de Santo Amaro, São Braz e São Francisco do Conde situadas ao longo do rio Subaé. A partir dos dados de contaminação ambiental de mariscos, peixes e ostras deste rio, o objetivo era investigar a existência de “intoxicação farmacológica” pelo chumbo, através da dosagem do ácido delta aminolevulínico na urina (ALA-U) e pelo cádmio, a partir da ocorrência de

proteinúria de baixo peso molecular. O grupo controle foi composto de 83 pescadores da colônia de Guaibim, situada fora da Baía de Todos os Santos. Investigou-se também chumbo e cádmio no cabelo e o padrão de ingestão de frutos do mar e peixes.

Embora os níveis médios de ALA-U (2,28mg/g de creatinina) nos pescadores ao longo do rio Subaé fossem maiores do que no grupo controle (1,8mg/g de creatinina) apenas 06 pescadores apresentaram níveis compatíveis com intoxicação farmacológica conforme estabelecido pelos autores (ALA-U acima de 4,5mg/g de creatinina). Um papel adicional do chumbo nos níveis de ALA – U poderia ser sugerido pela ausência de diferença estatisticamente significativa encontrada destes níveis entre pescadores fumantes e não fumantes das colônias do Subaé (em contraposição a presença desta diferença no grupo controle). Não se observou associação com a ingestão de frutos do mar, no entanto, a metodologia de investigação não era adequada para a aferição do padrão alimentar. Os resultados clínicos são inespecíficos, com a variável idade sendo fundamental na associação com os níveis de pressão arterial e ocorrência de proteinúria tubular. Também não se observa diferença estatisticamente significativa entre os níveis de ALA-U dos pescadores de Santo Amaro e o grupo controle, embora esta ocorra entre os pescadores de São Braz e São Francisco do Conde e o grupo controle.

Pode-se assim estabelecer maior risco de intoxicação pelo chumbo e cádmio para os pescadores ao longo do rio Subaé, porém não casos estabelecidos de intoxicação clínica. Estas informações vão de encontro aos dados ambientais progressos e atuais (AMBIOS, 2003) que mostram presença de chumbo e cádmio nos moluscos e chumbo, cádmio, zinco e cobre nos sedimentos do rio que se constituem em focos secundários para a contaminação da fauna aquática. Os pescadores das colônias ao longo do rio Subaé constituem-se em uma população sob risco especial. Como este processo de contaminação vem ocorrendo desde 1960, a exposição destas populações é crônica e de intensidade variável, portanto, a avaliação do padrão de morbidade e mortalidade histórico pode talvez nos fornecer um perfil do tipo de lesão sobre a saúde ocorrido.

A tese de doutorado da Professora Tania Mascarenhas Tavares (Tavares, 1990) traz uma retrospectiva parcial dos estudos realizados. Em 1980 foi realizado exame clínico-laboratorial de toda a população infantil até 9 anos do entorno da empresa até 900m. Foram encontrados valores de chumbo e cádmio no sangue e zincoprotoporfirina (ZPP) que se situam entre os mais altos do mundo, com ausência de efeitos clínicos visíveis. Em 1985 foi realizada uma amostragem da população infantil para dosagem de ZPP (250 crianças) e chumbo (PbS) e cádmio (CdS) no sangue (53 crianças). Houve uma significativa redução dos valores médios de PbS (37,7%) e CdS (67,8%) porém em menor proporção para ZPP (14%). Há dúvidas quanto ao rigor da análise laboratorial dos metais realizada em 1980, pelos valores elevados sem

associação de efeitos clínicos, em especial em relação ao cádmio. Ocorreu também ausência de correlação dos níveis de PbS com os níveis de ZPP, ou estando os primeiros anormalmente altos ou os segundos anormalmente baixos. A hipótese foi que houvesse erro na técnica de análise do chumbo no sangue, por exigir uma metodologia mais complexa do que a análise laboratorial da ZPP. No entanto, a ausência de correlação entre estes dois bioindicadores (ZPP e PbS) também se repete em 1985, quando a técnica de análise laboratorial foi realizada dentro dos padrões determinados internacionalmente.

Os níveis encontrados de chumbo no sangue refletem um quadro de intoxicação que está se processando no momento. Estes níveis refletem exposição atual e contínua e permanecem elevados em 1985, indicando persistência das fontes de contaminação. Os níveis de ZPP indicam efeito do chumbo sobre o organismo na síntese do HEME, que se processa de forma mais demorada nos casos de intoxicação crônica, levando em torno de 3 a 6 meses para começarem a elevar-se (ATSDR, 1999a). A ocorrência do efeito lesivo no ser humano é dependente da interação com vários outros fatores externos e internos ao próprio organismo como o estado nutricional, infecções intercorrentes e outros já discutidos em seções anteriores (item 8.2.2). Esta condição de efeito em desenvolvimento é assinalado quando observa-se uma redução menor nos níveis de ZPP entre 1980 e 1985 (14%), em comparação com a redução observada dos níveis de chumbo no sangue (37,7%). Estes últimos refletem de forma imediata as medidas saneadoras efetuadas, enquanto os níveis de ZPP refletem a ação do chumbo sobre o organismo, o qual é observado mesmo com níveis menores de contaminação ambiental. Além disso, o processo de normalização da alteração orgânica efetuada é demorado e multifatorial e, dependendo do tipo de lesão, podendo ser reversível ou não.

Os níveis médios de chumbo no sangue estão na faixa de ocorrência de anemia e alterações do desenvolvimento psicomotor na população exposta. A ausência de achados clínicos neste momento pode refletir a ausência de investigação específica do desenvolvimento psicomotor das crianças envolvidas, seja através de estudo transversal ou coorte. Em nenhum dos estudos analisados foi relatado a realização de avaliação do desenvolvimento psicomotor das crianças afetadas, sejam os realizados pela Universidade Federal da Bahia, sejam nos relatórios de acompanhamento realizado pela PLUMBUM por determinação judicial.

O outro efeito principal esperado nesta população, a ocorrência de anemia foi profundamente estudada pelo Prof. Fernando Martins Carvalho (CARVALHO, 1982) em sua tese de doutoramento. Ele encontrou uma prevalência de 18.6% de anemia entre as 463 crianças deste grupo nas quais foi feita avaliação hematológica completa (hemograma, hematócrito, hemoglobina, ferro sérico, capacidade de ligação do ferro). Observou que os níveis de hemoglobina

aumentavam com a idade, conforme o esperado, sendo a prevalência de anemia entre as crianças de 1 ano de 47,3%. Não havia diferença dos níveis de hemoglobina entre filhos de trabalhadores e não trabalhadores. A ocorrência de anemia foi significativamente associada com má-nutrição e com a interação entre deficiência de ferro e má-nutrição, mas não com intoxicação pelo chumbo, deficiência de ferro isolada e parasitose. Estes resultados reforçam a importância de analisar o processo de intoxicação a luz da realidade social, econômica e de saúde de cada população. Embora amplamente relatado na literatura o chumbo como agente causador de anemia, nesta população as principais variáveis relacionadas com este efeito eram as resultantes das condições de vida a que estas crianças estavam expostas.

As variáveis que melhor se correlacionaram com os níveis de chumbo no sangue foram distância da empresa, menor idade e raça negra. Todos os bioindicadores de chumbo e cádmio apresentaram redução dos seus valores com o aumento da distância da fábrica (anexo VIII-6). As crianças residentes na área I e II, até 500 metros da empresa, tinham maiores níveis de PbS. As crianças residentes na área I, sofriam o efeito dos ventos e do solo contaminado exposto, e as crianças da área II, da distância e do tráfego de caminhões da Av. Rui Barbosa. As crianças residentes na área IV, embora situada além de 500m, tinham níveis pouco inferiores aos da área II, pois eram ambas situadas ao longo da Av. Rui Barbosa e sofriam o efeito do tráfego dos caminhões carregados de minério. As crianças da área III e V, ambas situadas além de 500m e com ruas com solo exposto, tinham os níveis mais baixos, embora a área V estivesse na direção dos ventos. Com a adoção das medidas saneadoras, inclusive a instalação de chaminé e a proibição do tráfego de caminhões pela avenida, em 1985 os níveis de chumbo no sangue reduziram-se em média 37,3 $\mu\text{mol/L}$ nas crianças residentes nas áreas I, II e III. Infelizmente, nesta data não foi realizada nova avaliação das áreas IV e V.

A análise comparativa do teor de chumbo e cádmio nos solos peridomiciliares (jardins e quintais) em 1980 e 1985, mostrou significativa redução dos seus teores e associação com níveis crescentes de PbS, CdS e ZPP em 1980, porém não em 1985. Não houve correlação com geofagia, no entanto, os níveis mais elevados de chumbo no sangue eram na faixa de 1 a 3 anos. Deve-se lembrar que o hábito de geofagia é difícil de aferir e o número de crianças com dosagem de PbS e CdS era pequeno. Em 1985, não se observou correlação dos níveis de PbS com a presença de escória na casa e a maior diminuição encontrada dos níveis de PbS foi na faixa de 600 a 900m, ou seja, onde a maior distância determinava que a contaminação ambiental fosse menor.

Do total de 250 crianças estudadas em 1985, apenas 89 participaram dos dois estudos. Somente 81 tinham ZPP de 1980 e 1985 e apenas 13 tinham PbS e 10 tinham CdS dos dois anos. Em 1985, 39% das crianças tinham menos de 03 anos, e, portanto, não participaram do estudo de 1980. Em 1980 foram examinadas todas as crianças residentes a 900m e em 1985 haviam

161 crianças que não estavam no entorno da empresa em 1980 e se intoxicaram depois. Assim, casos novos foram registrados já que eram novas crianças, inclusive não nascidas em 1980.

A queda mais relevante do CdS pode estar relacionada a orientação quanto a exposição e manuseio da escória que é mais rica em Cádmio (20% cádmio e 3% chumbo). Os níveis de cádmio no sangue melhor se correlacionaram com as variáveis presença de escória na casa, distância da empresa, raça branca e ocorrência de ancilostomíase severa. A capacidade de lixiviação do cádmio parece ser o fator mais importante para a diminuição dos níveis no solo e consequentemente sangue, devido a importância da relação com a escória.

Com resultado do estudo de 1980, a empresa iniciou avaliação e acompanhamento médico da população circunvizinha, em um raio de 900m, em maio de 1981. Temos os relatórios referentes até janeiro de 1983 (Cobrac, 1981-1983). A empresa relata que foram realizados avaliação clínico-laboratorial e dosagem de ZPP em 1290 pessoas (61,7% da população total de 2.090 pessoas) maiores de 14 anos e 618 menores de 14 anos.

Na tabela VIII-16 abaixo mostramos os resultados apresentados pela empresa nas crianças e adultos. Referem que em todas as pessoas em que foi encontrado ZPP, com níveis considerados excessivos pela classificação do CDC, foi realizado confirmação laboratorial com ALA-U, e as crianças, após avaliação pediátrica e neurológica especializada, internadas para quelação.

Tabela VIII-16*: Classificação da população avaliada pela PLUMBUM segundo os critérios do CDC (a época), a partir dos níveis de ZPP. Santo Amaro, 1981/83.

Classificação do CDC	Menores de 14 anos	Maiores de 14 anos
Risco aceitável	448	1060
Risco moderado	108	159
Risco excessivo	62	71
TOTAL	618	1290

*Dados extraídos dos relatórios técnicos trimestrais apresentados pela PLUMBUM no período de agosto de 1981 a janeiro de 1983 ao Conselho Estadual de Proteção Ambiental (CEPRAN) Salvador / Bahia.

Em relação as 108 crianças classificadas como risco moderado, refere que 24 mudaram e em 17 o ALA – U estava normal. Assim relata que foi feita quelação em 58 destas crianças totalizando 120 crianças em que foi feita quelação e 146 crianças com avaliação clínica completa. As crianças eram posteriormente acompanhadas com avaliação de biomarcadores (ZPP, ALA-U, CPU, proteínas séricas, creatinina, uréia e elementos anormais e sedimentos na urina). A adoção deste procedimento não esta claro em relação a população adulta, assim como a empresa não exhibe os resultados dos exames realizados, apenas o custo financeiro deles. Referem que não encontraram indícios de

manifestações clínicas em toda a população examinada, porém não apresentam as fichas de exame nem a distribuição da população por idade e sexo.

A empresa não refere ter feito busca ativa das pessoas contaminadas que se mudaram do local (em especial as crianças). Refere ter removido 56 crianças classificadas como risco excessivo ou moderado pela compra das moradias, totalizando 46 casas e 48 terrenos comprados no raio de 300m. Não informa nenhuma medida até o raio de 500m. Em relação aos trabalhadores refere ter realizado campanhas educativas inclusive com a criação de um jornal, "O Limponildo". Refere ter feito avaliação de ZPP em 289 filhos de trabalhadores, porém não menciona resultados ou evolução. Foi nos fornecido também uma planilha com 154 nomes de crianças com dosagem de ZPP ($\mu\text{g}/100\text{ml}$) no período de 1981 a 1983 que mostra uma redução progressiva dos níveis porém nenhum abaixo de 30 $\mu\text{g}/100\text{ml}$. Estes dados coadunam-se com os resultados encontrados na pesquisa da UFBA de 1985.

Em alguns relatórios de pesquisa do grupo da Universidade Federal da Bahia (Carvalho, Sylvany-Neto, Tavares, et al., 1999 e 1992; Carvalho, Sylvany-Neto, Barreto et al, 1980; Tavares, 1985) encontramos avaliações deste monitoramento realizado pela empresa. Eles assinalavam que a fábrica realizava exames anuais nas crianças, não entregavam os resultados dos mesmos a população e não acompanhavam aqueles que mudaram-se do local.

Em 1991 foi realizado por Carvalho e colegas ((Carvalho, Sylvany-Neto, Tavares, 1992) um censo da área encontrando 804 moradores em 158 domicílios até 500m. Foram realizados exames clínicos e toxicológicos de sangue e urina em uma amostra de 310 moradores entre 20 e 50 anos, 36 trabalhadores e 04 prestadores de serviço. Foram encontrados valores de ZPP acima de 30 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ em 10% dos moradores, sendo o valor máximo encontrado 134 $\mu\text{g}/100\text{ml}$. Em 40 moradores os níveis de PbS estavam entre 40 e 69 $\mu\text{g}/\text{dl}$ e em 04 acima de 70 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Entre os trabalhadores os níveis eram mais elevados com 9 (25%) apresentando níveis de ZPP acima de 300 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ e 8 com níveis de PbS acima de 70 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Os autores informam no relatório que os 04 prestadores de serviço nunca fizeram avaliação toxicológica sendo encontrado em um nível de chumbo no sangue de 98 $\mu\text{g}/\text{dl}$. Embora este relatório apresente como objetivo da pesquisa realizada "determinar a frequência de lesão renal em moradores na periferia da fundição de chumbo de Santo Amaro", não apresenta os resultados referentes nem maiores informações da avaliação geral da população pesquisada.

Em maio de 1992 há novo relatório da empresa (Plumbum, 1992) referindo controle periódico dos trabalhadores através de PbS, ZPP, ALA-U e hemoglobina "com progressiva melhora durante os anos de 1989 até 1991". Realizou estudo de 163 trabalhadores (não refere função) em janeiro de 1992, referindo em todos níveis abaixo de 60 $\mu\text{g}/\text{dl}$ de chumbo no sangue. Em março de 1992 coletaram 10 amostras e enviaram para o laboratório de toxicologia do

Hospital São Rafael em Milão com resultados semelhantes aos encontrados no laboratório local. Referiram ter realizado avaliação de 18 trabalhadores que também haviam sido objeto de pesquisa pela UFBA encontrando valores inferiores aos do Instituto de Química da UFBA. A empresa realizou uma avaliação comparativa dos níveis de chumbo no sangue através do método de absorção atômica em três laboratórios referindo ter encontrado os resultados mais elevados originados do laboratório do Instituto de Química da UFBA.

Um estudo realizado no ano de 1992 (Carvalho,1996) pelo Prof. Fernando Carvalho com 101 crianças do entorno da empresa indicou ocorrência de novas contaminações pela presença dos maiores níveis de ZPP na faixa etária de 1 a 2 anos e/ou ausência de descontaminação pelos níveis também elevados entre 4 e 5 anos. Diminuiu a proporção de crianças com níveis elevados de ZPP, porém aquelas com níveis minimamente elevados aumentou.

A tese de mestrado da Dra. Angela Cristina Andrade Costa (Costa, 2001) mostra dados mais recentes. Em setembro de 1998 foram estudadas 52 crianças nascidas após o fechamento da empresa. Elas ainda estavam expostas a escória (data das medidas de remediação no foco primário – empresa - possivelmente posterior a 1998) e aos focos secundários nas ruas e casas. Apresentaram níveis elevados de chumbo e cádmio no sangue correlacionados com desnutrição, história familiar de intoxicação, escória visível, perversão do hábito alimentar. O estudo mostra também uma redução dos níveis médios de chumbo no sangue de 1980 a 1998 (tabelas VIII-17 e VIII-18) de 70,9% e mudança do percentual de crianças na faixa de maior incidência de classificação de risco pelo CDC.

Em 1980 o maior percentual de crianças estava na classe IV – 58,6%, em 1985 o maior percentual de crianças estava na classe III – 60,4% e em 1998 o maior percentual de crianças estavam distribuídas entre as classes III (31,3%) e IIA (33,3%) (tabela VIII-19).

Tabela VIII-17*: Níveis médios de Chumbo nas crianças de SAP (µg/dl)

ANO	PbB	Número de crianças
1980	58,8	555
1985	36,7	53
1998	17,1	48

*Adaptado de: Avaliação de alguns aspectos do passivo ambiental de uma metalurgia de chumbo em Santo Amaro da Purificação – Bahia. Angela Cristina Andrade Costa. Tese de Mestrado – Instituto de Química / UFBA. Julho de 2001, PÁG.65.

Tabela 18*: Percentual de redução dos níveis de chumbo no sangue por período.

PERÍODO	Percentual de redução (%)
1980 – 1985	37,7
1985 – 1998:	53,7
1980 – 1998:	70,9

*Informações retiradas de COSTA,2001: Avaliação de alguns aspectos do passivo ambiental de uma metalurgia de chumbo em Santo Amaro da Purificação – Bahia. Angela Cristina Andrade Costa. Tese de Mestrado – Instituto de Química / UFBA. Julho de 2001.

Tabela VIII-19 *:Distribuição da frequência dos níveis de chumbo (MA) em amostras de sangue de crianças de ambos os sexos de Santo Amaro em 1980, 1985 e 1998 em relação às classes de crianças estabelecidas pelo CDC.

Classe de crianças do CDC e faixas de chumbo no sangue (µg/dl)	1980	1985	1998
Classe I: (menor ou igual 9)	----	-----	6 (12,5%)
Classe IIA: (10 – 14)	----	-----	16 (33,3%)
Classe IIB: (15 – 19)	8 (1,4%)	7 (13,2%)	11 (22,9%)
Classe III: (20 – 44)	133 (24%)	32 (60,4%)	15 (31,3%)
Classe IV: (45 – 69)	325 ¹ (58,6%)	13 (24,5%)	-----
Classe V: (maior ou igual a 70)	89 ² (16%)	1 (1,9%)	-----
TOTAL	555 (100%)	53 (100%)	48 (100%)

*Reproduzido: Avaliação de alguns aspectos do passivo ambiental de uma metalurgia de chumbo em Santo Amaro da Purificação – Bahia. Angela Cristina Andrade Costa. Tese de Mestrado – Instituto de Química / UFBA. Julho de 2001, PÁG.66, TABELA 31.

¹ Faixa de valores de chumbo (µg/dl): 41,44 – 82,7.

²Faixa de valores de chumbo (µg/dl): 82,88 – 155,4.

Em relação aos níveis de cádmio no sangue das crianças os dados de 1998 mostram uma importante diferença por gênero: meninas, 68,4% (13) e meninos, 34,5% (10) acima do nível de normalidade de 1µg/dl. No total 54,2% com CdS acima do parâmetro em comparação com 2,3% do grupo controle.

Estes dados coadunam-se com os resultados atuais (AMBIOS,2003) que mostram presença de solo contaminado por chumbo, cádmio, zinco e cobre até 500m da chaminé da fábrica. Da mesma forma a análise da poeira residual intradomiciliar mostra presença destes contaminantes mno interior dos domicílios. Estes dados assinalam que a persistência dos níveis de intoxicação pode estar relacionado a ausência de medidas de descontaminação das casas e do solo exposto.

Este estudo (Costa, 2001) também relata a avaliação do percentual de alterações cromossômicas de 30 mulheres moradoras da Av. Rui Barbosa, comparadas com um grupo controle de moradoras da cidade de Jequié, em novembro de 1999. O grupo exposto apresentou maior percentual de alterações cromossômicas que o controle (6,5% X 1,5%). Porém não correlacionou-se aos níveis de chumbo e cádmio no sangue, que foram maiores no grupo controle. Infelizmente não nos foi possível obter o estudo completo referente a esta pesquisa.

O laudo pericial feito em 2001 (Cunha e Araújo, 2001) não apresenta a metodologia de análise laboratorial e de amostragem populacional. Também refere só contaminação no foco primário, já sanada (NÃO INFORMA DATA) não referindo focos secundários. O estudo clínico dos ex-trabalhadores (81) e comunidade (70) não encontrou alterações clínicas compatíveis com intoxicação por chumbo e/ou cádmio. Porém apresenta em quase todos ex-trabalhadores e em alguns moradores indicadores de dose (chumbo no

sangue) elevados, mas de efeito (ALA-U) não. A ZPP em alguns moradores esta minimamente elevada porém sem relação de especificidade causal. Em relação a população de ex-trabalhadores estes dados parecem indicar que atualmente há mínima exposição e intoxicação, porém não se pode concluir sobre seqüelas de exposições passadas. Em relação a comunidade a amostra é inadequada não podendo se fazer considerações.

Até o momento observou-se um indiscutível quadro de intoxicação da população trabalhadora e da comunidade do entorno da fábrica até 900m. Não foram observados pelos estudos realizados sinais de efeitos clínicos nesta população relacionados a esta contaminação. No entanto, devemos ressaltar que talvez as pesquisas não tenham sido direcionadas para a identificação dos efeitos esperados sob aquela dose de exposição, em crianças alterações psicomotoras e anemia, e em adultos alterações nos sistemas renal e neurológico e no sistema reprodutor ou mutagênicas que na realidade só se manifestarão anos mais tarde. Não foram realizados estudos de coorte com a população e os dados fornecidos pela empresa são bastante precários. Também não se investigou a ação do cobre e zinco. Apesar destas observações devemos ressaltar que os dados fornecidos por estes estudos são mais do que suficientes para confirmar além de uma situação de exposição, uma condição de intoxicação real da população exposta pelos contaminantes de interesse, cujos efeitos sobre a saúde ainda devem ser estabelecidos pelos estudos adequados.

3.1.2 Perfil epidemiológico da população de Santo Amaro

No quadro 2 em anexo (anexo 8.7) são apresentados alguns indicadores que permitem avaliar a qualidade das informações do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) e do Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos (SINASC). Com relação ao coeficiente de mortalidade geral padronizado por idade, observa-se que o Município de Santo Amaro apresentou um coeficiente de 6,5 por 1.000/habitantes, sendo, portanto, ligeiramente inferior ao valor empregado como critério de adequação (6,75 por 1000/habitantes). O Município de Salvador apresentou resultado dentro do limite de adequação, enquanto o Estado da Bahia apresentou o pior resultado com um valor bem inferior ao limite de referência. Em todas as regiões observaram-se valores de desvio médio do coeficiente de mortalidade inferiores a 10%. Os resultados relativos à taxa de natalidade e ao desvio médio da mesma, também mostram valores dentro da faixa de adequação em todas as regiões estudadas, embora o Município de Santo Amaro tenha apresentado um valor limítrofe (10,9%). Por fim, a proporção de óbitos com causas mal definidas foi superior ao limite de 20% para o Estado da Bahia, ficando abaixo deste limite nos dois municípios.

Os indicadores apresentados sugerem uma cobertura e regularidade adequada das informações de óbitos para o Município de Salvador. Entretanto, Szwarcwald et al. (2002) chamam atenção para o fato dos indicadores propostos serem indicados para identificar áreas com grandes deficiências, não

permitindo assinalar, entre os municípios com cobertura e regularidade adequadas, aqueles que apresentam cobertura completa das informações. O Estado da Bahia apresentou os piores resultados, sendo verificada uma baixa qualidade do preenchimento da causa básica do óbito. Por fim, o Município de Santo Amaro apresentou valores adequados ou próximos ao limite de adequação para todos os indicadores avaliados. Em função destes achados, optamos por empregar os resultados do Município de Salvador para a realização de comparações nas análises da evolução temporal das taxas de mortalidade por causas renais e câncer renal.

A taxa de mortalidade infantil em Santo Amaro em 2000, apesar de mais baixa que a observada no Estado da Bahia, é bastante elevada, sendo superior ao valor de 31,8 para cada mil nascidos vivos, que era a média nacional em 1999 (Duarte et al., 2002). Com relação à distribuição da mortalidade proporcional por grupos de causas, chama atenção o fato do grupo das Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas ocupar a segunda posição entre as causas de óbito no Município de Santo Amaro no ano de 2000 (tabela 20 - anexo 8.8). Dentro deste capítulo 72% dos óbitos tiveram como causa básica o diabetes mellitus. Já com relação aos motivos mais frequentes de internação hospitalar em unidades de saúde financiadas pelo SUS, o perfil observado em Santo Amaro foi *grosso modo* semelhante ao observado em Salvador, com predomínio das hospitalizações associadas à gravidez, parto e puerpério, sendo seguida pelas doenças respiratórias e genitourinárias.

A análise da evolução temporal da mortalidade por causas renais (nefrite, síndrome nefrótica e nefrose) mostra uma tendência de diminuição nos dois municípios avaliados (Figura 2 – anexo 8.10). Esta tendência de queda permanece mesmo após o cálculo das razões de mortalidade padronizadas, que permite proceder ao ajuste para diferenças nas estruturas etárias das populações ao longo dos triênios estudados (tabela 22 – anexo 8.11; tabela 23 – anexo 8.12 e Figura 3 – anexo 8.13). Durante o período de análise duas versões diferentes da CID foram empregadas para codificação da causa básica - de 1980 até 1995 foi utilizada a CID-9 e de 1996 em diante foi empregada a CID-10. Além do aumento do número de capítulos e de categorias consideradas na CID-10 em relação à CID-9, também foram introduzidas modificações nas regras de seleção e classificação da causa básica do óbito. Estas últimas podem prejudicar a interpretação dos padrões de evolução temporal de causas de óbito. No caso específico das causas renais (nefrite, síndrome nefrótica e nefrose) foi verificada uma razão de comparabilidade entre as duas versões da CID (CID-10/CID-9) de 1,23, que indica uma tendência de aumento na classificação deste grupo de doenças como causa básica do óbito com a utilização da CID-10 (Andreson et al., 2001). Sendo assim, mudanças na versão da CID utilizada não podem explicar o padrão de queda por nós observado. O fato da queda ser observada antes mesmo da introdução da nova versão da CID, é outra evidência contra a hipótese do efeito da modificação na regra de classificação da causa básica de óbito.

Cabe ressaltar, entretanto, que durante os três primeiros triênios estudados (1980 a 1988), Santo Amaro apresentou risco de mortalidade por doenças renais significativamente mais elevado que o observado na população de referência (Brasil no triênio de 1998 a 2000), não sendo observadas diferenças significativas a partir de 1989, com a exceção do triênio de 1995 – 1999, quando um aumento foi verificado. Já para Salvador verificou-se um risco significativamente maior ao longo de todos os triênios estudados (Tabelas 4 e 5, Figura 3). No caso de Santo Amaro, seria interessante melhor avaliar a magnitude do processo de emigração que pode estar ocorrendo neste município, conforme acima comentado, e os potenciais efeitos deste processo sobre a evolução temporal das taxas de mortalidade por causas renais.

Já com relação ao câncer renal, observa-se uma grande instabilidade das taxas no Município de Santo Amaro, o que era esperado em função de tratar de um fenômeno com baixa frequência de ocorrência. Apesar disso, a análise exploratória da série temporal sugere uma certa estabilidade temporal das taxas nos dois municípios estudados (Figura 4 – anexo 8.14). Adicionalmente, o risco de morte por câncer renal não se mostrou significativamente diferente do observado na população padrão (tabela 24 – anexo 8.15; tabela 25 – anexo 8.16 e figura 5 – anexo 8.17).

Para o indicador baixo peso ao nascer observa-se um aumento da proporção de nascidos vivos com peso inferior a 2500 gramas em Santo Amaro a partir de 1998, embora ainda mantendo valores inferiores aos observados em Salvador (Figura 6 – anexo 8.18). Por fim, chama atenção o elevado percentual de prematuridade observado no Município de Santo Amaro nos dois primeiros anos da série avaliada (1994 e 1995) (Figura 7 – anexo 8.19).

4. RESPOSTA ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE COM A SUA SAÚDE

Durante as várias visitas realizadas pelo nosso grupo a Santo Amaro, tivemos oportunidade de entrar em contato com vários moradores e lideranças locais que conversaram conosco a respeito das ansiedades e preocupações da comunidade como relatado no capítulo I. Ao longo deste relatório, tivemos o cuidado de nortear nossas pesquisas e estudos no sentido de não só estabelecer o risco existente para a população exposta, mas também procurar as respostas a estas questões apresentadas.

Uma questão importante era a respeito de quem esteve e/ou está exposto as substâncias da fábrica e quais eram estas substâncias. Quem estava doente, se a causa da doença era pelas substâncias químicas, se seus filhos foram afetados, se era seguro morar na área do entorno da PLUMBUM, se a água, alimentos, ar ainda estavam contaminados. Para responder a isto precisamos ir por períodos, do passado através do presente até o futuro.

NO PASSADO

Vamos definir passado como o período durante o funcionamento da fábrica até o encerramento das atividades desta. Neste período, no processo de produção da fábrica, existiram outros contaminantes além do chumbo e cádmio que foram muito importantes para o tipo de repercussões sobre a saúde da população exposta. Foi estabelecido (AMBIOS, 2003) a existência de arsênio, zinco e cobre, entre os principais. Podemos também definir três populações expostas: (1) o grupo de trabalhadores e suas famílias; (2) a população residente no entorno da fábrica até cerca de 900m; e (3) a população da cidade em geral com um subgrupo especial que eram os pescadores da colônia de Santo Amaro.

Chamou-nos a atenção durante as nossas visitas a angústia dos ex-trabalhadores e seus familiares com sua saúde e de seus filhos e a sensação de desamparo percebida entre eles (capítulo I). Isto é perfeitamente compreensível já que eles se constituem no grupo que foi mais exposto aos efeitos agressivos das substâncias acima citadas. Foi amplamente comprovado por nós, através dos relatos, leitura dos estudos realizados e exame dos dados dos relatórios da empresa aos órgãos estaduais responsáveis, as condições de trabalho sub-humanas com carregamento dos compostos para as moradias e exposição e contaminação das famílias. O chumbo e o cádmio são lesivos ao organismo em geral, e sobre os rins, sistema nervoso e hematopoiético em particular. É importante ressaltar que este grupo esteve exposto ao arsênio, que é uma substância a qual as outras populações não estiveram expostas devido as características deste processo produtivo. O arsênio agrega potencial lesivo sobre o organismo, em especial o sistema nervoso. Todas são substâncias lesivas sobre o desenvolvimento humano, podendo afetar a concepção e desenvolvimento do feto ocasionando abortos, baixo peso, prematuridade e malformações congênitas. Os efeitos causados pela exposição a estas substâncias podem só se manifestar muitos anos mais tarde, em especial os processos degenerativos e o câncer, ou apenas nos filhos das pessoas expostas.

Apesar disto, durante todo este período de tempo, até os dias atuais, estas pessoas nunca tiveram uma atenção a sua saúde específica e diferenciada compatível com o grau de agressão a saúde que sofreram durante o período em que estiveram expostos. Vários destes trabalhadores já têm o diagnóstico estabelecido de saturnismo. Não podemos afirmar que todas as pessoas deste grupo e seus familiares estejam doentes ou sofrendo os efeitos da exposição a estas substâncias tóxicas. O processo de adoecimento é particular e multicausal, isto quer dizer que cada pessoa vai reagir e apresentar um problema de saúde de forma diferente da outra. A questão central não é se elas estão doentes agora ou não, mas que estiveram expostas a substâncias tóxicas, em doses elevadas e por períodos longos.

O diagnóstico de uma doença ou agravo a saúde e o estabelecimento de nexos causal só é possível através de avaliação médica cuidadosa e

acompanhamento periódico. Portanto, é preciso reconhecer que (1) estas pessoas estiveram expostas a substâncias extremamente tóxicas a sua saúde o que pode tê-la afetado; (2) é necessário a organização de um serviço de saúde específico com pessoal capacitado para a atenção a saúde destas pessoas.

A população residente no entorno da fábrica, até 900m, foi objeto de vários estudos que estabeleceram contaminação e intoxicação dos moradores (capítulo 3 – item 3.1). Elas estiveram expostas aos contaminantes pelo ar, solo e alimento indiscutivelmente. Os tipos de alimentos contaminados na época eram produtos da biota aquática e vegetais plantados no entorno da fábrica.

As pessoas com quem conversamos, que moravam no local na época, referiam a ocorrência de muitos problemas respiratórios nas crianças. Isto era provavelmente devido a fumaça da fábrica e a poeira de minério levantada das ruas e vielas pelo movimento dos caminhões e das próprias pessoas. Outros efeitos sobre a saúde não foram relacionados conclusivamente. Isto pode ser devido as características específicas da contaminação, em que ocorreram efeitos sinérgicos mas também antagônicos das substâncias tóxicas, em especial o chumbo, cádmio e zinco. No entanto, existiu indiscutivelmente exposição e contaminação, demonstrado pelos níveis de chumbo e zincoprotoporfirina no sangue destas pessoas, em especial as crianças. Não quer dizer que elas estão doentes, ou que todas as doenças que tiveram são (ou serão) causadas por estas substâncias, ou que todas terão câncer. Isto significa dizer que a população residente no entorno da fábrica foi exposta a níveis acima do tolerável a substâncias lesivas a sua saúde e com potencial carcinogênico. Elas devem ser objeto de busca e identificação, em especial aquelas que eram crianças na época. Devem ter seu estado de saúde monitorado e com atenção especial aos efeitos lesivos específicos que a exposição a estas substâncias tóxicas acarreta sobre a saúde.

Os moradores da cidade em geral foram expostos as substâncias tóxicas através da fumaça e do alimento contaminado. Dados ambientais desta época mostram níveis altos de cádmio e chumbo em moluscos e crustáceos. Especial atenção portanto deve ser dada aos pescadores. No entanto, estudos realizados na época na colônia de pescadores de Santo Amaro não relacionam danos a saúde. O levantamento epidemiológico das taxas de morbidade e mortalidade também não mostram alterações que indiquem um padrão de dano a saúde diferenciado em relação a Salvador ou Brasil. É importante o monitoramento destes indicadores para que se identifiquem alterações que porventura ocorram.

NO PRESENTE

Atualmente permanecem como rota de contaminação apenas o molusco (cádmio e chumbo) para a população geral. Repetimos que o padrão de adoecimento e óbito da população de Santo Amaro não tem diferido em

relação ao observado para Salvador e Brasil (seção 3.2). O fato de uma pessoa em algum momento ter se alimentado de moluscos não significa que ela esteja intoxicada ou que venha a apresentar algum problema de saúde por causa disto. O organismo tem muitas formas de lidar com os diferentes fatores agressivos do ambiente e de eliminá-los de diversas formas. No entanto, o consumo de moluscos deve ser evitado, em especial para crianças, pois estão contaminados com duas substâncias tóxicas com potencial lesivo a saúde. Da mesma forma os profissionais de saúde devem ser informados e estar atentos para as especificidades da assistência a saúde desta população exposta a um fator adicional de agressão a saúde.

Para a população residente até 500m do entorno da fábrica e que mora em ruas, ou em casas, com solo exposto, existe maior exposição ao chumbo, cádmio e zinco. A poeira revolvida pelo movimento diário é inalada pelas pessoas e ingerida por crianças. O raciocínio anterior também é válido aqui. Não significa que as crianças e adultos estejam doentes. É importante que (1) o chão seja cimentado e as casas limpas para que cesse esta exposição; (2) seja feito exame de saúde completo e dosagem dos biomarcadores de chumbo, cádmio e zinco em todas as pessoas moradoras neste raio e (3) acompanhamento periódico da saúde desta população.

NO FUTURO

O sedimento do fundo do rio está contaminado com uma série de metais. Estes metais podem passar para os mariscos, crustáceos, etc. e chegar até a população. Para evitar isto é importante realizar periodicamente a dosagem de metais nestes produtos do mar para avaliar os níveis existentes. A mesma medida se aplica a água subterrânea. Ela não está contaminada por metais, porém como existe muita escória enterrada pela cidade (capítulo I) pode haver contaminação da água pela mobilização desta escória por alguma atividade de escavação, por exemplo.

5. IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE - CONCLUSÃO

Neste capítulo apresentamos duas abordagens das implicações sobre a saúde humana da exposição aos agentes perigosos na Cidade de Santo Amaro: a toxicológica e a epidemiológica. Do ponto de vista destas avaliações há evidências suficientes de que a exposição passada e atual constitui perigo para a saúde humana. Com relação aos aspectos epidemiológicos, ou seja, dados epidemiológicos que evidenciem a relação causal entre as substâncias de interesse e doença, os estudos até aqui realizados não foram desenhados especificamente para tal fim e não dispomos de um sistema de vigilância em saúde que possa nos oferecer dados de saúde para análises ecológicas.

As avaliações que envolvem eventos de saúde em que se procura associá-lo a uma etiologia ambiental possuem dificuldades múltiplas. Uma delas diz respeito à própria natureza do funcionamento do organismo humano, que possui um arsenal limitado de reações possíveis a agravos de várias ordens. Assim, o

organismo humano não diferencia se uma substância agressora é um contaminante ambiental ou uma toxina de uma bactéria e o fígado, por exemplo, pode reagir da mesma forma, ou seja, as manifestações clínicas, na maioria das vezes não são específicas. A maneira de associar efeito adverso sobre a saúde e exposição a um contaminante é comparando grupos expostos e grupos não expostos. São desenhos de estudo epidemiológicos e apresentam muitas dificuldades particularmente quando se trata do cancer, um evento muito raro.

Portanto, é fundamental que se enfatize que a necessidade de aprofundar as investigações sobre os efeitos à saúde da população de Santo Amaro, causados pelos compostos determinados, com desenhos epidemiológicos cada vez mais sofisticados, não significa que hajam dúvidas de que esta população esteve e está exposta a substâncias nocivas, e sob risco de dano à saúde, agravado por tratar-se de uma exposição crônica, cujo impacto sobre a saúde, passado, atual e futuro necessita ser determinado. Os resultados encontrados no nosso estudo durante as etapas de investigação de contaminação do meio ambiente e de avaliação toxicológica, confirmam a existência de rotas completas de exposição, passadas e presentes, e de doses de exposição acima dos níveis recomendados. Por um imperativo ético, não é de forma alguma razoável ou admissível que se pense em esperar que estudos epidemiológicos mostrem os efeitos danosos em humanos para que se interrompa a exposição a tal ou qual substância. Nesse sentido, é internacionalmente aceito como suficiente que hajam evidências de carcinogenicidade em animais para considerar uma substância um carcinógeno provável em humanos.

Os resultados apontados neste estudo são suficientes para que possamos determinar a população de Santo Amaro residente no entorno da PLUMBUM, e a população geral que se alimenta de produtos da biota aquática, como tendo estado exposta, e ainda permanecendo, a compostos químicos nocivos à saúde humana, especificamente chumbo, cádmio e zinco, podendo estar apresentando, ou vir a apresentar, danos decorrentes desta exposição, ainda que cesse a mesma.

CAPÍTULO VIII - IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE PÚBLICA

ANEXOS

ANEXO VIII-1 - CÁLCULO DAS DOSES DE EXPOSIÇÃO

1. Dose estimada por inalação

$$DE_{in} = \frac{C \times TI \times FE}{PC}$$

C= concentração do contaminante no ar inalado (mg/m³)

TI= taxa de inalação

FE = fator de exposição (dependente da população a ser considerada)

PC – peso corporal

Estimativa de volume inalado por dia (m³ / dia) considerando para adultos e crianças de 10 anos 16 horas de atividade e 8 horas de sono; criança de 1 ano 10 horas de atividade e 14 horas de sono e recém nascido 1 hora de atividade e 23 horas de sono (ATSDR).

Homem	Mulher	Criança de 10 anos	Criança de 1 ano	Recém nascido
23	21	15	3,8	0,8

2. Dose estimada por ingestão de água

$$DE_{ia} = \frac{C \times TI \times FE}{PC}$$

C= concentração do contaminante na água de consumo (mg/L)

TI= taxa de ingestão de água

FE = fator de exposição

PC – peso corporal

Valores padrão (ATSDR)	
Adultos 2L	Crianças 1L

3. Dose estimada por ingestão de solo

$$DE_{is} = \frac{C \times TI \times FE \times 10^{-6}}{PC}$$

C= concentração do contaminante no solo superficial (mg/kg)

TI= taxa de ingestão de solo

FE = fator de exposição

PC – peso corporal

Valores padrão (ATSDR)

Adultos – 50mg/dia

Crianças – 50 a 200 mg /dia (crianças normais, sem perversão do apetite comum entre crianças até 3anos e de muito baixa renda)

4. Dose estimada por ingestão de alimentos contaminados

$$DE_{al} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \times T_i \times FE}{PC}$$

C= concentração do contaminante no grupo de alimentos i (mg/g)

TI= taxa de ingestão do grupo de alimentos i (g/dia)

FE = fator de exposição

PC – peso corporal

5. Dose estimada por absorção dérmica

5.1 Contato com água contaminada

$$DD_{ag} = \frac{C \times P \times AS \times TE \times 1\text{Litro}}{PC \times 1000 \text{ cm}^3}$$

C – concentração na água

P – constante de permeabilidade

AS – área da superfície corporal

TE – tempo de exposição

PC – peso corporal

Valores padrão para exposição dérmica					
Idade	Homem	Mulher	Braços	Mãos	Pernas
De 3 a 6	7280	7110	960	400	1800
De 6 a 9	9310	9190	1100	410	2400
De 9 a 12	11600	11600	1300	570	3100
De 12 a 15	14900	14800			
De 15 a 18	17500	16000			
De 18 a 70	19400	16900	2300	820	5500

5.2. Contato com solo contaminado

$$DD_s = \frac{C \times A \times FB \times FE \times 10^{-6}}{PC}$$

A – quantidade de solo aderida a pele (mg)

FB – fator de biodisponibilidade

FE – fator de exposição

PC – peso corporal

idade	PC	Valores padrão de exposição dérmica ao solo (ATSDR)			Total de solo Aderido (mg)
		Área total da superfície corporal	% da área exposta	Área exposta (cm ²)	
0-1	10	3500	30	1050	2100
1-11	30	8750	30	2625	5250
12-17	50	15235	28	4300	8600
18-70	70	19400	24	4700	9400

6. Cálculo do fator de exposição (FE)

FE = (frequencia de exposição) (duração de exposição)

(tempo de exposição)

ANEXO VIII-2

Estimativa da Dose de Exposição por ingestão de alimento contaminado (moluscos) para metais.

Limite superior de exposição tomando por base a concentração do contaminante em crustáceos

Substância contaminante	Conc (1)	TI Cr (2)	TI Ad (3)	FE Cr (4)	FE Ad (5)	PC Cr (6)	PC Ad (7)	DE Cr (8)	DE Ad (9)
Chumbo	5.73	0.05	0.1	0.14	0.14	30	70	0.0013	0.0011
Cádmio	0.976	0.05	0.1	0.14	0.14	30	70	0.0002	0.0001

Fonte: AMBIOS (200)

(1) Concentração de metais em amostras de moluscos (AMBIOS)

Concentração em mg/Kg.

(2) Taxa estimada de ingestão de crustáceos para crianças = 0.05kg/ refeição.

(3) Taxa de ingestão de crustáceos para adultos = 0.1 kg / refeição.

(4) e (5) Fator de exposição: cálculo feito a partir da frequência de 1 dia de refeição por semana,

com duração de exposição de 70 anos e tempo de exposição de 70 anos.

(6) Valor padrão de peso corporal (percentil 50) para crianças até 11 anos (ATSDR)

(7) Valor padrão de peso corporal (percentil 50) para adulto (ATSDR)

(8) Dose de exposição por ingestão de alimento contaminado (moluscos) considerando uma criança

de 30 Kg de peso corporal (mg/kg-dia)[(B*C*E)/G]

(9) Dose de exposição por ingestão de alimento contaminado (moluscos) considerando um adulto de 70 quilos. (mg/kg-dia)[(B*D*F)/H]

ANEXO VIII-3

Estimativa da Dose de Exposição por ingestão de alimento contaminado (vegetais) para metais.

Limite superior de exposição tomando por base a concentração do contaminante em crustáceos

Substância contaminante	Conc (1)	TI (2)	FE (3)	PC Cr (4)	PC Ad (5)	DE Cr (6)	DE Ad (7)
Chumbo AIPIM	0.808	0.088	1	30	70	0.0023	0.001
Chumbo MANGA	0.685	0.1	0.13	30	70	0.0002	0.0001
Dose total (8)	----	-----	-----	-----	-----	0.0025	0.0011

- (1) Concentração de metais em amostras de vegetais (AMBIOS).
Concentração em mg/Kg.
- (2) Taxa estimada de ingestão de vegetais (Kg/dia).
- (3) Fator de exposição. FE calculado para ingestão de manga a partir de uma frequência de 2 vezes por semana e uma duração de 24 semanas por ano (6 meses).
- (4) Valor padrão de peso corporal (percentil 50) para crianças até 11 anos (ATSDR)
- (5) Valor padrão de peso corporal (percentil 50) para adulto (ATSDR)
- (6) Dose de exposição por ingestão de alimento contaminado (vegetal) considerando uma criança de 30 Kg de peso corporal (mg/kg-dia)[(B*C*D)/E]
- (7) Dose de exposição por ingestão de alimento contaminado (vegetal) considerando um adulto de 70 quilos. (mg/kg-dia)[(B*C*D)/F]
- (8) Dose de exposição total por ingestão de alimento contaminado (aipim e manga) (mg/kg-dia)

ANEXO VIII-4

Estimativa da Dose de Exposição por ingestão de solo contaminado para metais.

Limite superior de exposição tomando por base a concentração do contaminante em solo superficial

Substância contaminante	Conc (1)	TI Cr (2)	TI Ad (3)	FE Cr (4)	FE Ad (5)	PC Cr (6)	PC Ad (7)	DE Cr (8)	DE Ad (9)
Chumbo	5890	0.0002	0.00005	1	1	30	70	0.0392	0.0042
Cádmio	30.2	0.0002	0.00005	1	1	30	70	0.0002	0.00002
Cobre	193	0.0002	0.00005	1	1	30	70	0.0012	0.0001
Zinco	7540	0.0002	0.00005	1	1	30	70	0.0502	0.0053

- (1) Concentração de metais em amostras de solo superficial (AMBIOS)
Concentração em mg/Kg (amostra)
- (2) Taxa de ingestão de solo para crianças = 200mg / dia (Valor padrão superior para a faixa etária de até 11 anos - ATSDR). Valor em Kg/dia.

- (3) Taxa de ingestão de solo para adultos = 50 mg / dia (ATSDR) .Valor em Kg/dia.
- (4) e (5) Fator de exposição considerando que a exposição é contínua
- (6) Valor padrão de peso corporal para crianças de 1 a 11 anos (ATSDR)
- (7) Valor padrão de peso corporal (percentil 50) para adulto (ATSDR)
- (8) Dose de exposição por ingestão de solo contaminado considerando uma criança de 30 Kg de peso corporal (mg/kg-dia)[(B*C*E)/H]
- (9) Dose de exposição por ingestão de solo contaminado considerando um adulto de 70 quilos vivendo a 500m da COBRAC (mg/kg-dia)[(B*D*F)/I]

ANEXO VIII-5

Estimativa da Dose de Exposição por absorção dérmica de solo contaminado, para metais.

Limite superior de exposição tomando por base a concentração do contaminante em solo superficial

Substância contaminante	Conc (1)	A Cr (2.1)	A Cr (2.2)	A Ad (3.1)	A Ad (3.2)	FB (4)	FE Cr (5)	FE Ad (6)
Cobre	193	0.0021	0.0052	0.0086	0.0094	0.06	1	1
Zinco	7540	0.0021	0.0052	0.0086	0.0094	0.65	1	1

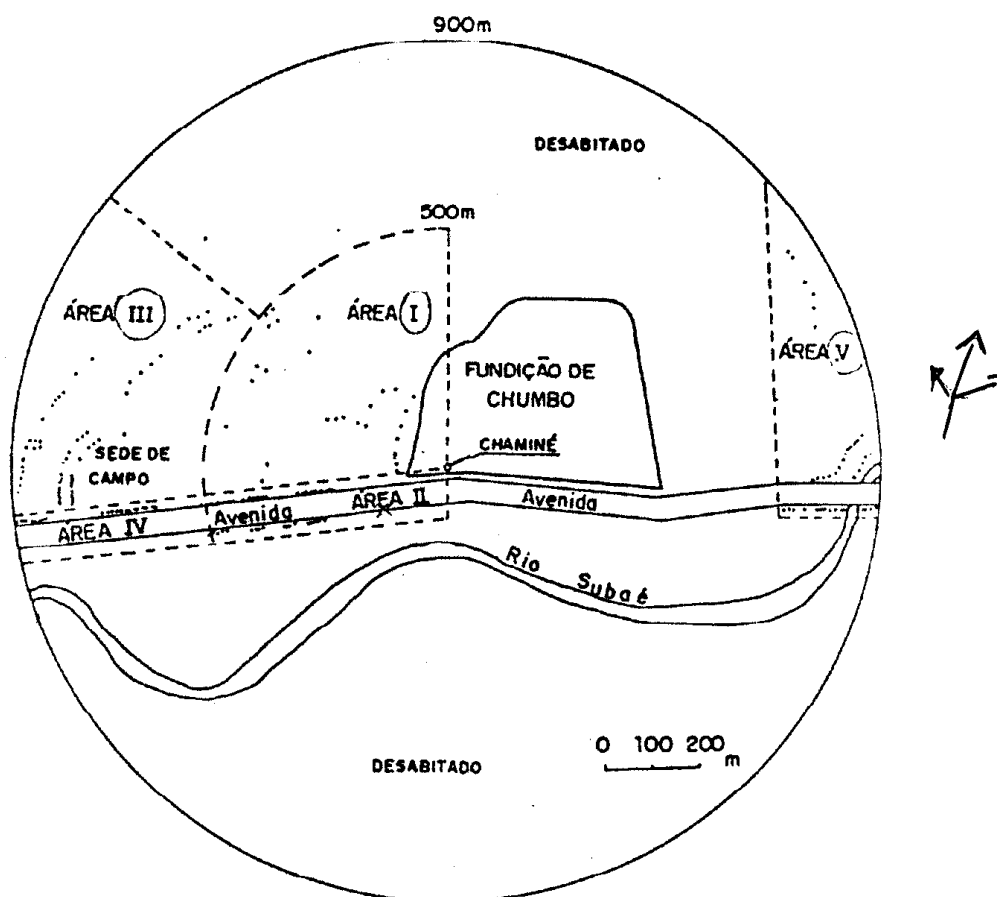
Substância contaminante	PC Cr (7.1)	PC Cr (7.2)	PC Ad (8.1)	PC Ad (8.2)	DE Cr (9.1)	DE Cr (9.2)	DE Ad(10.1)	DE Ad (10.2)
Cobre	10	30	50	70	0.0024	0.002	0.0019	0.0015
Zinco	10	30	50	70	1.0292	0.8495	0.8429	0.6581

- (1) Concentração de metais em amostras de solo (AMBIOS) Concentração em mg/Kg (amostra);
- (2.1) A – quantidade de solo aderida a pele (Kg)(valores padrão para crianças até um ano de idade - ATSDR);
- (2.2) A – quantidade de solo aderida a pele (Kg)(valores padrão para criança de um a 11 anos de idade - ATSDR);
- (3.1) A – quantidade de solo aderida a pele (Kg)(valores padrão para adolescentes de 12 a 18 anos de idade - ATSDR)
- (3.2) A – quantidade de solo aderida a pele (Kg)(valores padrão para adultos com 19 ou mais anos de idade - ATSDR);
- (4) Fator de Biodisponibilidade : retirado de: TOXICOLOGIAL PROFILE, ATSDR – Zinco pág.61 e Cobre pág. ;
- (5) e (6) Fator de exposição;
- (7.1) Valor padrão de peso corporal (percentil 50) para crianças até 1 ano (ATSDR) ; (7.2) Valor padrão de peso corporal (percentil 50) para crianças de 6 anos (ATSDR) ; (8.1) Valor padrão de peso corporal (percentil 50) para adolescentes de 12 a 17 anos (ATSDR);
- (8.2) Valor padrão de peso corporal (percentil 50) para adulto acima de 18 anos (ATSDR);

- (9.1) Dose de exposição absorção dérmica por contato de solo contaminado considerando uma criança de 10 Kg de peso corporal (mg/kg-dia);
- (9.2) Dose de exposição absorção dérmica por contato de solo contaminado considerando uma criança de 30 Kg de peso corporal (mg/kg-dia);
- (10.1) Dose de exposição por absorção dérmica através do contato com solo contaminado considerando um adolescente de 50 quilos vivendo a 500m da COBRAC (mg/kg-dia);
- (10.2) Dose de exposição por absorção dérmica através do contato com solo contaminado considerando um adulto de 70 quilos vivendo a 500m da COBRAC (mg/kg-dia).

ANEXO VIII-6

Mapa da área objeto dos estudos realizados pelos pesquisadores da Universidade Federal da Bahia.⁶



⁶ Figura extraída de: Tavares, T.M. Avaliação de Efeitos das Emissões de Cádmiio e Chumbo em Santo Amaro, Bahia. Tese de doutorado. Instituto de Química / Universidade Estadual de São Paulo, 1990. São Paulo, SP. Página: 215.

ANEXO VIII-7

CRONOLOGIA DOS ESTUDOS EM POPULAÇÕES HUMANAS SANTO AMARO DA PURIFICAÇÃO / BAHIA.

1978	201 pescadores de três colônias ao longo do Rio Subaé (Santo Amaro; São Braz e São Francisco do Conde). GC: 83 pescadores da colônia de Guaibim	PbC ⁷ : 55.5ppm (Santo Amaro) CdC ⁸ : 1.21ppm (Santo Amaro) ALA-U: 2.28mg/g de creatinina (média das colônias do Subaé).	Não se observou associação com ingestão de alimentos; Os níveis médios de ALA-U dos pescadores do Rio Subaé eram superiores aos do GC.
1980	592 crianças de 01 a 09 anos residentes até 900m da fábrica (população total). Grupo controle: amostra de 101 crianças residentes no raio de 900 a 5.000m.	PbB ⁹ : 2.84(MA) µmol/L CdB ¹⁰ : 0.087(MG)/0.12(MA)µmol/L PbC: 31.3ppm (MG); CdC: 4.1ppm (MG) ZPP:1.76(MA) / 1.29(MG) µmol/L	Avaliação clínica: sem resultados relevantes; Classificação do CDC: 58,6% classe IV.
1981 a 1983	1.290 (61,7%) maiores de 14 anos da população de 2090 pessoas moradores no raio de 900m. 618 menores de 14 anos.	ZPP – < 14 anos: RE: 62 / RM: 108 / RA: 448. ZPP - > 14 anos: RA: 1060 / RM: 159 / RE: 71.	Avaliação clínica e laboratorial: sem resultados apresentados. ALA-U: sem resultados apresentados Quelação nas crianças com RE / RM.
1985	250 crianças de 01 a 09 anos residentes até 900m (amostragem). Realizado ZPP nas 250 e PbB e CdB em 53 crianças	ZPP; 1.30 (MA) / 1.17 (MG) µmol/L PbB :1.77µmol/L CdB: 0.029(MG) / 0.053(MA)µmol/L	Diminuição dos percentuais, porém novos casos com crianças de 1 a 2 anos. Classificação do CDC: 60,4% classe III.
1991	310 moradores sendo 40 trabalhadores da fábrica (amostragem).	ZPP: 10% com “algum grau de elevação”. Valor máximo: 134µg/100ml.	PbB: “acima do normal” em 44 pessoas
1992	101 crianças de 01 a 05 anos residentes até 900m da fábrica (amostragem).	ZPP: 65.5(MG) µg/100ml	Avaliação clínica e hematócrito; GC: 98 crianças de uma creche de Salvador;
1998	52 crianças de 01 a 05 anos nascidas após o fechamento da empresa (amostra) e residentes até 900m da fábrica.	PbB: 17.1(MA) / 15.4(MG) µg/dl CdB: 1.5(MA) / 1(MG) µg/dl	GC: 98 crianças de uma creche de Salvador; Classificação do CDC: 31,3% classe III e 33.3% classe IIA.
1999	30 mulheres entre 30 e 45 anos residentes na Av. Rui Barbosa. GC: 30 mulheres da cidade de Jequié.	PbB:13.2 (MA) / 10.9 (MG) µg/dl CdB:0.0471(MA) / 0.0446(MG) µg/dl CdU: 0.565(MA) / 0.363(MG) µg/dl	Est. citogenético: 6,5% de prevalência de alterações cromossômicas x 1,5% no GC; PbB e CdB maiores no grupo controle.
2001	Estudo clínico de 81 ex-trabalhadores e 70 moradores.	PbB elevado em 75 ex-trabalhadores e 34 moradores. CdU elevado em 16 ex-trabalhadores e 4 moradores.	Avaliação clínica –laboratorial inconclusiva.

⁷ PbC: valor de chumbo no cabelo

⁸ CdC: valor de cádmio no cabelo

⁹ PbB: dose de chumbo no sangue

¹⁰ CdB: dose de cádmio no sangue

RE: risco excessivo ; RM: risco moderado ; RA: risco aceitável

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

CAPÍTULO IX

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. INTRODUÇÃO

A última tarefa do relatório de uma avaliação de saúde é determinar as conclusões sobre as implicações para a saúde associadas ao local e preparar em paralelo as recomendações. Para tal devem ser completados os propósitos de uma avaliação de saúde:

- Determinar as implicações para a saúde no local.
- Discutir estas implicações fazendo recomendações para levar a cabo estudos de saúde e ambientais futuros (se são considerados necessários).
- Identificar as ações necessárias para mitigar ou prevenir efeitos adversos na saúde.

1.1. Seleção de categorias de perigos para a saúde pública

A primeira conclusão que a avaliação de saúde identifica é o nível de perigo que representa um local. Uma avaliação de saúde deve associar ao local uma das seguintes cinco categorias (ATSDR, 1992):

- A. Perigo urgente para a Saúde Pública;
- B. Perigo para a Saúde Pública;
- C. Perigo Indeterminado para a Saúde Pública;
- D. Perigo Não Aparente para a Saúde Pública; e
- E. Não Há perigo para a Saúde Pública.

Estas categorias foram selecionada para:

-Caracterizar o grau de perigo do local investigado para a saúde pública, com base em fatores tais como a existência de rotas potenciais de exposição humana, a susceptibilidade da comunidade exposta, a comparação dos níveis esperados de exposição humana com as normas relacionadas com a saúde, e a avaliação de dados de efeitos sobre a saúde específicos para a comunidade.

-Determinar: (1) se devem ser tomadas ações para reduzir a exposição humana às substâncias perigosas no local; (2) se é necessário informação adicional sobre a exposição humana e riscos associados à saúde; (3) se esta informação deve ser obtida através de amostragem ambiental mais ampla ou de outras ações de saúde, incluindo estudos epidemiológicos, ou com o estabelecimento de um registro ou de um programa de vigilância da saúde, ou de educação em saúde ambiental.

-Identificar as lacunas de informação toxicológica específicas para uma substância e para aspectos toxicológicos gerais. Estas lacunas de dados poderiam ser considerados para estabelecer prioridades de investigação.

Dependendo da classificação do grau de perigo encontrado pela equipe de avaliação, a metodologia de avaliação de riscos à saúde humana da ATSDR(1992) sugere recomendações para proteger a saúde pública. Estas recomendações levam em consideração as condições da estrutura governamental para a saúde existentes nos Estados Unidos e devem ser adaptadas para as condições de cada país.

2. CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DE PERIGO À SAÚDE PÚBLICA EM SANTO AMARO DA PURIFICAÇÃO

Em Santo Amaro da Purificação se dispõe de informações que indicam que exposições a substâncias perigosas passadas tenham afetado a saúde. Em alguns casos, estas exposições passadas podem haver causado efeitos adversos à saúde que persistem até o presente, mesmo que o local tenha sido remediado e já não ocorram mais exposições. Nestes casos, com o objetivo de reconhecer e responder ao impacto na saúde por tais exposições, o local deve ser caracterizado nas categorias A ou B.

2.1. NO FOCO PRINCIPAL – INSTALAÇÕES DA PLUMBUM

As altas concentrações dos metais **cádmio, chumbo, cobre e zinco** encontrados na área da PLUMBUM estão acima dos valores limites de intervenção para solos em áreas residenciais propostos pela legislação holandesa.

Os procedimentos de remediação implementados não diminuíram a contaminação do solo superficial para níveis aceitáveis e continua provocando a contaminação dos compartimentos ambientais biota comestível (animal e vegetal), água subterrânea e superficial. O solo superficial contaminado apresentou **rota de exposição completa**, principalmente para os trabalhadores, durante o funcionamento da usina. Os procedimentos de remediação inadequados implicam na existência de **rotas potenciais de exposição** no passado, presente e futuro principalmente para as populações situadas no entorno, até 500 metros da PLUMBUM. Esta situação indica a necessidade de procedimentos de remediação eficazes.

Respondendo aos quesitos formulados pela ATSDR para definição da categoria de perigo em cada local, no caso de Santo Amaro da Purificação, para o foco principal, nas instalações da Plumbum, temos o seguinte quadro:

CATEGORIA A

Perigo urgente para a saúde pública

Esta categoria se utiliza para os locais que apresentam um perigo de saúde pública urgente como resultado de exposições a **curto prazo** de substâncias perigosas.

Critérios:

- Existe evidência de que **tenha ocorrido exposições**, estão ocorrendo ou é provável que ocorram no futuro; **SIM** e
- As exposições estimadas são em relação a uma substância ou substâncias em tais concentrações no meio ambiente que em caso de exposição a curto prazo (menos de 1 ano), podem causar efeitos adversos à saúde em qualquer segmento da população receptora **SIM** O efeito adverso à saúde pode ser o resultado já seja de toxicidade carcinogênica ou de uma exposição química. Para um efeito tóxico não carcinogênico, a exposição necessita exceder um nível de risco mínimo agudo ou intermediário (MRL, sigla em inglês) estabelecido nos *Perfis Toxicológicos da ATSDR* ou outros valores de comparação; **SIM** e/ou
- Os dados de efeitos na saúde da comunidade específica indicam que o local teve um impacto adverso na saúde humana que requer uma rápida intervenção; **SIM** e/ou
- Os perigos físicos no local representam um risco eminente de dano físico. **SIM**

Nos Estados Unidos, quando um local é considerado **CATEGORIA DE PERIGO A - Perigo urgente para a saúde pública**, a ATSDR emite com urgência uma *Notificação de Saúde* que inclui recomendações para mitigar os riscos à saúde do local. As recomendações emitidas pelo assessor e/ou a avaliação de saúde devem ser consistentes com o grau de perigo e as preocupações temporais que representam as exposições a substâncias perigosas no lugar.

Com base no grau de perigo em um local e a presença de rotas de exposição completas passadas, presentes ou futuras, suficientemente definidas, se recomendam as seguintes ações de saúde pública:

- Estudos de indicadores biológicos de exposição;
- Provas biomédicas;
- Estudo de caso;
- Estudo de prevalência de sintomas e enfermidade;
- Investigação de saúde comunitária;
- Vigilância específica do lugar;
- Sistema voluntário de acompanhamento informado de residentes;
- Investigação de grupo (cluster);

- Revisão de estatística de saúde;
- Educação de profissionais de saúde;
- Educação para a saúde; e/ou
- Investigação específica de uma substância.

2.2. NO FOCO SECUNDÁRIO – RIO SUBAÉ – SEDIMENTOS E BIOTA

Considerando a biota aquática, principalmente moluscos e crustáceos, como importante elo da cadeia alimentar e de sobrevivência econômica das comunidades de pescadores; considerando também a contaminação comprovada dos sedimentos do rio Subaé a partir de Santo Amaro da Purificação e a determinação de **rota completa de exposição** por consumo da biota aquática comestível; e respondendo aos quesitos formulados pela ATSDR para definição da categoria de perigo em cada local, no caso de Santo Amaro da Purificação, para os sedimentos e biota aquática do rio Subaé, temos o seguinte quadro:

CATEGORIA B

Perigo para a saúde pública

Esta categoria é utilizada para os locais que apresentam um perigo de saúde pública como resultado de exposições a **longo prazo** de substâncias perigosas.

Critérios:

- Existe evidência que tenha ocorrido, estão ocorrendo ou é provável que ocorram exposições no futuro; **SIM** e
 - As exposições estimadas a uma substância ou substâncias são em concentrações tais no meio ambiente que em exposições a longo prazo (maiores de um ano), podem causar efeitos adversos à saúde em qualquer segmento da população receptora. **SIM** O efeito adverso à saúde pode ser resultado, seja por toxicidade carcinogênica ou não carcinogênica de uma exposição química. **SIM** Para um efeito tóxico não carcinogênico, a exposição necessita exceder um MRL crônico estabelecido pela ATSDR ou outros valores de comparação;
e/ou
 - Os dados de efeitos à saúde da comunidade específica indicam que o local teve um impacto adverso na saúde humana que requer intervenção. **SIM**
-

2.3. FORA DO FOCO – NO ENTORNO (ATÉ 500 m) DA PLUMBUM

Considerado a contaminação do solo superficial e de poeira nas residências localizadas nas proximidades (até 500 metros) da Plumbum, bem como a comprovação de rota completa de exposição para a população residente na

localidade Caixa d'Água e segmentos da Avenida Rui Barbosa; e respondendo aos quesitos formulados pela ATSDR para definição da categoria de perigo em cada local, no caso de Santo Amaro da Purificação, para os locais nas proximidades (até 500 metros) da Plumbum, temos o seguinte quadro:

CATEGORIA B

Perigo para a saúde pública

Esta categoria é utilizada para os locais que apresentam um perigo de saúde pública como resultado de exposições a **longo prazo** de substâncias perigosas.

Critérios:

- Existe evidência que tenha ocorrido, estão ocorrendo ou é provável que ocorram exposições no futuro; **SIM** e
- As exposições estimadas a uma substância ou substâncias são em concentrações tais no meio ambiente que em exposições a longo prazo (maiores de um ano), podem causar efeitos adversos à saúde em qualquer segmento da população receptora. **SIM** O efeito adverso à saúde pode ser resultado, seja por toxicidade carcinogênica ou não carcinogênica de uma exposição química. **SIM** Para um efeito tóxico não carcinogênico, a exposição necessita exceder um MRL crônico estabelecido pela ATSDR ou outros valores de comparação;
e/ou
- Os dados de efeitos à saúde da comunidade específica indicam que o local teve um impacto adverso na saúde humana que requer intervenção. **SIM**

Nos Estados Unidos, quando um local é considerado **CATEGORIA B - Perigo para a saúde pública**, a ATSDR elabora recomendações para mitigar os riscos à saúde oriundos do local. As recomendações emitidas pela avaliação de saúde devem ser consistentes com o grau de perigo e as preocupações temporais que apresentam as exposições a substâncias perigosas no local.

Com base no grau de perigo que apresenta o local e a presença de rotas de exposição completas atuais, passadas ou futuras suficientemente definidas, podem ser recomendadas as seguintes ações de saúde pública:

- Estudos de indicadores biológicos de exposição;
- Provas biomédicas;
- Estudo de caso;

- Estudo de prevalência de sintomas e enfermidade;
- Investigação de saúde comunitária;
- Registros;
- Vigilância específica do lugar;
- Sistema voluntário de acompanhamento informado de residentes;
- Investigação de grupo (cluster);
- Revisão de estatística de saúde;
- Educação de profissionais de saúde;
- Educação para a saúde; e/ou
- Investigação aplicada específica de uma substância.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

3.1. RECOMENDAÇÕES DE SAÚDE

O processo de adoecimento é particular de cada pessoa, sendo conseqüente a fatores de caráter coletivo como o meio ambiente, e o contexto social, econômico, histórico e cultural de uma dada sociedade. É também determinado por outros fatores de caráter individual, como o mapa genético de cada um, a herança genética que herdamos de nossos antepassados, o estado nutricional, de desenvolvimento e o grau de maturidade do nosso organismo. A junção destas duas ordens de fatores é que determina a relação entre saúde e doença em uma pessoa, e explica porque alguns adoecem e outros não, quando expostos a substâncias químicas, e porque podem ocorrer patologias diferentes em pessoas expostas ao mesmo composto.

A avaliação dos efeitos sobre a saúde da população moradora em Santo Amaro, ocasionados pelos compostos químicos encontrados, não nos permite ainda estabelecer os padrões de ocorrência do dano a saúde. Não há dúvida quanto ao fato de que estas pessoas, foram, e estão sendo, expostas a químicos nocivos a sua saúde. Porém, os dados quanto aos agravos à saúde existentes nesta população são inespecíficos e incapazes de fornecer informação que permita o estabelecimento de uma relação causal inequívoca, entre a contaminação pelo agente, e as queixas de saúde referenciadas pela população.

Foram identificados na população de ex-trabalhadores da PLUMBUM, casos de saturnismo diagnosticados. Em relação a população geral de Santo Amaro, os estudos feitos até o momento ainda não nos permitem determinar se os sintomas e sinais levantados foram causados pelos compostos. Temos insuficiência de informação quanto a ocorrência de efeitos mórbidos específicos, em pontos alvo dos principais compostos identificados, como o sistema nervoso, hematopoiético e renal, quanto ao perfil de ocorrência de patologias específicas como as malformações congênitas e os cânceres, e

quanto a prevalência de abortos espontâneos e nascimentos prematuros, ou com baixo peso, nas famílias de ex-trabalhadores, ou moradoras atuais ou passadas no entorno da fábrica.

No entanto, outros dados e estudos feitos nos permitem estabelecer, com absoluta certeza, que estas pessoas estão expostas e contaminadas pelos compostos. Esta certeza advém do estabelecimento a partir do nosso estudo de rotas de exposição completas, e de informações colhidas junto a outros estudos, onde se encontraram níveis elevados dos compostos químicos no sangue, cabelo e urina, de pessoas pesquisadas em Santo Amaro (Tavares,1990; Carvalho, 1978; Carvalho,1982; Costa, 2001).

A certeza de que estamos diante de uma população exposta ao risco de dano à saúde, associado à compreensão da ocorrência de diferentes padrões de adoecimento, recomendam o acompanhamento específico e diferenciado e assessoria permanente a estas pessoas. No entanto o estabelecimento de uma categoria de perigo para uma determinada área, como recomendado pela ATSDR, e a definição das recomendações pertinentes deve levar em conta todos os fatores e condições apresentados ao longo do estudo.

Conforme já assinalado no relatório, atualmente temos duas grandes populações expostas: (1) a população moradora no entorno da PLUMBUM (500m); e (2) a população consumidora de moluscos, em especial as famílias de pescadores da colônia de Caieiras. Algumas preocupações e questionamentos se apresentam em relação a esta colônia, quando da necessidade da tomada de decisões.

O molusco (sururu) que, segundo informações colhidas, é a base da sustentação econômica de cerca de 100 famílias da colônia de Caieiras, e também parte integrante e fundamental da dieta alimentar, está contaminado com chumbo e cádmio. Conforme pode ser observado no capítulo V – Seleção dos Contaminantes de Interesse -, os moluscos contaminados são todos originários de uma única coroa (borda da praia do rio onde nascem os sururus), aquela situada mais próxima a colônia e identificada como coroa de caieiras. Os moluscos originários das outras 16 coroas pesquisadas não estão contaminados. Exatamente pela sua proximidade com a colônia, esta coroa de caieiras é a mais utilizada pelos pescadores para a cata de moluscos. Como vários não têm canoas próprias, eles vão andando até este local, catam o sururu e depois vendem na feira de Santo Amaro, garantindo assim seu sustento e de suas famílias. Da mesma forma pudemos constatar, em conversa com várias mães na colônia, que elas também vão andando até a coroa, pegam o sururu e preparam para as refeições das famílias. Nos informaram que o sururu faz parte da alimentação das crianças a partir dos 6 meses, na forma de sopinhas ralas, porém ricas em proteínas.

Conforme pudemos observar no capítulo 8 (seção 8.2.4) a dose de exposição pelo chumbo está abaixo da ingesta semanal provisória tolerável recomendada pela FAO/OMS (FAO/WHO, 2000). Não existe nível de risco mínimo

estabelecido (MRL) para o chumbo e ele é considerado possível carcinogênico pelo IARC (2B). A dose de exposição ao cádmio também está abaixo da ingesta semanal provisória tolerável recomendada pela FAO/OMS (FAO/WHO, 2001), porém no limite do nível de risco mínimo estabelecido (MRL) para crianças, e considerado carcinógeno humano pelo IARC (1). Embora possamos admitir a ingesta de chumbo, em relação a ingesta de cádmio temos que levar em conta o princípio de que basta a exposição a uma molécula de uma substância carcinogênica para que ela possa levar ao câncer.

É verdade que a determinação para a ocorrência de câncer é multifatorial, associada com a exposição a fatores nutricionais, ambientais, sociais e carga genética de cada um. Além disso, não existem estudos específicos do perfil de morbidade e mortalidade desta população de pescadores. Também não temos estabelecido o padrão real da dieta alimentar desta colônia, a partir de estudos de avaliação específicos. Outro ponto é que os moluscos das outras coroas não estão contaminados, porém como os sedimentos do rio Subaé estão contaminados, é necessário realizar um monitoramento periódico.

Estas são questões que devemos levar em conta para a tomada de decisões, em um estudo de avaliação de risco a saúde humana. Além disso, para as recomendações devemos também considerar todas as populações expostas no passado, presente e futuro.

Pelas considerações acima exposta são propostas as seguintes recomendações de saúde:

1. Identificação, busca e avaliação de saúde de todos os moradores e ex-moradores do entorno da empresa PLUMBUM, em um raio de 1Km, desde o início do funcionamento da mesma, com atenção para:
 - Identificação, busca e avaliação do estado de saúde da população infantil que foi objeto de pesquisa pela UFBA, nos anos de 1980, 1985 e 1998.
2. Identificação, busca e avaliação de saúde de todos os trabalhadores e ex-trabalhadores da empresa PLUMBUM e da fábrica de guardanapos BOKALOKA (no período em que esta funcionou nas instalações da PLUMBUM).
3. Identificação, busca e avaliação de saúde de todos os pescadores e suas famílias da colônia de Caieiras.
4. Estudos de Indicadores biológicos de exposição e de efeito para chumbo, cádmio, zinco e cobre em todos os grupos populacionais expostos: (1) trabalhadores e ex-trabalhadores da empresa PLUMBUM e da fábrica de guardanapos BOKALOKA; (2) moradores e ex-moradores do entorno da empresa PLUMBUM, em um raio de 1Km, desde o início do funcionamento da mesma; e (3) pescadores da colônia de Caieiras.

5. Organização, implantação e implementação de um programa de vigilância e assistência à saúde específico para estas populações que contemple os seguintes aspectos:
- Formação e capacitação de profissionais para a prevenção e identificação precoce da ocorrência de eventos mórbidos associados com a exposição aos compostos identificados;
 - Construção de um sistema de informações em saúde com o objetivo de monitorar todos os eventos relacionados a saúde desta população;
 - Monitoramento das populações expostas para acompanhamento e identificação precoce dos agravos à saúde decorrentes da contaminação ambiental
 - Estabelecer parcerias com instituições de saúde e ensino para: oferecer assistência especializada e investigações em subgrupos populacionais específicos (gestantes, crianças, etc.); e realizar pesquisas que contribuam para a melhoria da assistência a saúde destas populações e o aumento do conhecimento científico existente;
 - Realizar controle dos níveis de exposição através dos indicadores biológicos: é necessário que se estabeleçam laboratórios de referência que realizem estrito controle de qualidade de seus procedimentos;
 - Estabelecer um programa de educação ambiental e comunicação de risco para a população a fim de que ela possa apropriar-se de conhecimentos para melhor conduzir-se, com autonomia, para a proteção e promoção de sua saúde.

3.2. RECOMENDAÇÕES DE AÇÕES AMBIENTAIS

3.2.1. No foco principal – Área de instalações da PLUMBUM

Durante a visita à área, a equipe de avaliação de risco notou a presença de invasores que coletavam frutas nas áreas internas da PLUMBUM. O consumo de frutas com concentrações de chumbo e cádmio pode contribuir, dependendo do consumo, para exposição humana à doses maiores destes dois metais, reconhecidamente tóxicos.

Recomendamos que esta **rota potencial** de exposição humana seja interrompida através do controle das pessoas que acessam as instalações, bem como pela eliminação das árvores frutíferas no terreno da PLUMBUM.

As amostras de água subterrânea analisadas em estudos anteriores indicam concentrações de metais acima dos valores de referência. Como recomendação, as águas subterrâneas na área da PLUMBUM não devem ser utilizadas para nenhum uso que resulte em exposição humana.

3.2.2. No foco secundário – rio Subaé

Sedimentos

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. Porém, 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.

Além disso, os dados levantados neste estudo (AMBIOS, 2003), bem como os dados de estudos anteriores, quando avaliados pelos valores de referência (“níveis limites de efeito”, **TELS** = Threshold effects), utilizados pela USEPA (1996), indicam a contaminação dos sedimentos do rio Subaé, a partir de Santo Amaro da Purificação e até sua foz na Baía de todos os Santos, com os contaminantes chumbo, cádmio, cobre, mercúrio, níquel e zinco. Estes sedimentos contaminados representam uma **rota potencial de exposição** para as populações que consomem a biota proveniente destes ambientes aquáticos.

Os dados levantados neste (AMBIOS, 2003) e em estudos anteriores comprovam a contaminação passada, presente e futura da cadeia trófica deste compartimento aquático. 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. Portanto, assinala-se a existência de **rota completa de exposição** no passado, presente e futuro para as populações que consomem moluscos catados no rio Subaé. Principal atenção deve ser dada às populações de pescadores que vivem da pesca destes moluscos.

Recomenda-se estudos que determinem os pontos de maior concentração dos metais nos sedimentos, principalmente nas proximidades da PLUMBUM. As áreas do leito do rio com concentrações acima dos valores de referência deveriam ser dragadas e o material condicionado em local adequado, por exemplo no foco principal, junto com a escória, na PLUMBUM, para posterior procedimentos de remediação.

3.2.3. Fora do Foco – Nas imediações da PLUMBUM

Apesar das concentrações de metais nas amostras alimentos de origem vegetal e animal produzidos nas proximidades, fora da PLUMBUM, estarem dentro das normas estabelecidas pela Portaria ANVISA 685/98, no caso do

chumbo, devem ser levadas em consideração, principalmente para as populações expostas a outras rotas de exposição.

Antes que medidas remediadoras quanto ao solo não sejam tomadas, convém realizar monitoramento nos alimentos produzidos na área.

A comprovação do solo superficial nas proximidades da PLUMBUM está comprovada. Os resultados das análises em amostras de poeira domiciliar não somente reforçam a contaminação do solo superficial como também indica sua contaminação pretérita, durante o funcionamento da usina. A existência de solo contaminado sem cobertura desde a criação desta povoação na década de 70, apresenta **rota de exposição completa no passado, no presente e no futuro**, caso não sejam tomadas medidas de remediação.

A contaminação do solo, como observado, ocorre nas imediações, até 500 metros de distância da PLUMBUM, principalmente na localidade "Caixa d'Água". A origem desta contaminação, presume-se, decorre da utilização de escória como material de aterramento em toda área, bem como pela emissão atmosférica de material particulado pela metalúrgica durante seu funcionamento.

Para prevenir esta exposição humana, recomenda-se remoção para outra área da população que reside em habitações distantes até 500 da PLUMBUM ou, caso isto não seja possível, as seguintes medidas alternativas:

- calçamento de todas as ruas da localidade Caixa d'Água;
- capeamento das áreas de solo de todas as residências com camada de argila compactada (proveniente de área comprovadamente não contaminada) não inferior a 20 cm de espessura;
- evitar consumo de alimentos de origem animal ou vegetal produzidos na área, principalmente por segmentos da população de maior risco (crianças, por exemplo).

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

CAPÍTULO IX

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A R.P.; CARVALHO, F.M.; SPINOLA, A G.; ROCHA, H. 1987. *Renal Dysfunction in Brazilian Lead Workers*. Am. J. Nephrol., 7: 455-458.

Anderson, R.N.; Minino, A.M.; Hoyert, D.L.; Rosemberg, H.M. 2001. *Comparability of cause of death between ICD-9 and ICD-10: preliminary estimates*. National Vital Statistics, 49 (2):1-31.

ANJOS, J. A. S. A. 1998. *Estratégia para remediação de um sítio contaminado por metais pesados – estudo de caso*. Tese de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 157 p.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1992. *Public Health Assessment Guidance Manual*. Lewis Publishers. Boca Raton – Ann Arbor – London – Tokyo. 220 pp.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1992. *Evaluación de Riesgos en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos*. Servicio Nacional de Información Técnica (SNIT) del Departamento de Comercio de los E.E.U.U. Numero: PB92-147164.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1994. *Toxicological Profile for Zinc*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1995. *Multisite lead and cadmium exposure study with biological markers incorporated*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1999. *Toxicological Profile for Lead*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1999. *Toxicological Profile for Cadmium*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2000. *Toxicological Profile for Arsenic*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2001. *Public Health Assessment Guidance Manual*. Lewis Publishers. Boca Raton - Ann Arbor – London – Tokyo.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2002. Toxicological Profile for Copper. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2003. Toxicological Profile. [Http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles).

BENER, A. ; ALMEHDI, A.M.; ALWASH, R.; AL-NEAMY, F.R.M. 2001. *A pilot survey of blood lead levels in various types of workers in the United Arab Emirates*. Environm. Intern., 27: 311 – 314.

BIDDINGER, G.R.; GLOSS, S.P. 1984. *The importance of trophic transfer in the bioaccumulation of chemical contaminants in aquatic ecosystems*. Residue Rev 91:103-145.

CALLAHAN, M.A.; SLIMAK, M.W.; GABLE, N.W. 1979. *Water-related fate of 129 priority pollutants*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Planning and Standards.EPA-440/4-79-029a.

CARVALHO, F.M. 1978. *Intoxicação por chumbo e cádmio entre pescadores da Região do Rio Subaé e de Guaibim (área controle)*. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Saúde Comunitária da Universidade Federal da Bahia. Salvador-Ba.

CARVALHO, F.M.; TAVARES, T.M.; LINHARES, P.; SINHA, B. 1979. *Estudos dos efeitos da exposição de pescadores da região do Subaé ao chumbo e cádmio. Relatório final de pesquisa*. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento / Instituto de Química / Faculdade de Medicina. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia do Estado da Bahia / Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA.

CARVALHO, F.M.; SILVANY-NETO, A . M.; BARRETO, M.L.; TAVARES, T.M. 1980. *Efeito da Poluição por Chumbo em população infantil. Relatório*. Projeto Estudos Ecológicos do Recôncavo. Faculdade de Medicina / Instituto de Química. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA.

Carvalho,F.M. 1982. *Anaemia Amongst Brazilian Children*. Tese de Doutorado. TUC Centenary Institute of Occupational Health. London School of Hygiene and Tropical Medicine. University of London.

CARVALHO, F.M; TAVARES, T.M; SANDRA P. SOUZA,S.P.; e LINHARES, P. 1983. *Absorção e intoxicação por chumbo e cádmio em pescadores da região do Subaé*. Ciência e Cultura. 35 (3). P. 360-366.

CARVALHO, FM; TAVARES, T.M.; SOUZA, S.P.; LINHARES, P.S. 1984. *Lead and cadmium concentrations in the hair of fishermen from the Subaé River basin, Brazil*. Environ. Res.,33: 300-306.

CARVALHO,F.M.; BARRETO,M.L.; SILVANY-NETO, A M.; WALDRON, H.A ; TAVARES, T.M. 1984. *Multiple causes of anaemia amongst children living near*

a lead smelter in Brazil. Science Environmental, 35: 71 – 84.

CARVALHO, F.M.; SILVANY-NETO, A.M; TAVARES, T.M; LIMA, M.E.C.; WALDRON, H.A. 1985. *Lead poisoning among children from Santo Amaro, Brazil.* Bull Pan Am Health Organ, 19 (2): 165-306.

CARVALHO,F.M.; TAVARES, T.M.; SILVANY-NETO, A.M; LIMA, M.E.C.; ALT, F. 1986. *Cadmiun concentracions in blood of children living near a lead smelter in Bahia, Brazil.* Envirom.Res., 40:437-449.

CARVALHO, F.M.; SILVANY-NETO, A.M; TAVARES, T.M.; LIMA, M.E.C.; WALDRON, H.A. 1986. *Intoxicação por chumbo entre crianças de Santo Amaro, Bahia, Brasil.* Bol. Of Sanit Panam, 100(3): 309-318.

CARVALHO,F.M.; SILVANY-NETO, A M; LIMA, M.E.C.; TAVARES, T.M; AZARO, M.G.A.; QUAGLIA, G.M.C. 1987. *Chumbo e cádmio no sangue e estado nutricional de crianças, Bahia, Brasil.* Rev.Saúde Pub,21:44-50.

CARVALHO, F.M.; NETO,A.M.S.; CHAVES, M.E.C.; MELO,A.M.C.; ANTÔNIA LUENGO CAIVÃO,A.L. e TAVARES, T.M.1989. *Chumbo e cádmio em cabelo de crianças de Santo Amaro da Purificação, Bahia.* Ciência e Cultura. Revista da Associação Brasileira para o Progresso da Ciência. 41(7) 646-651.

CARVALHO, F.M.; SILVANY-NETO, A.M.; MELO, A.C.M.; CHAVES, M.E.C.; BRANDÃO, A.M.; TAVARES, T.M. 1989. *Cadmiun in hair of children living near a lead smelter in Brasil.* Sci Total Environ, 84: 119-128.

CARVALHO, F.M.; SILVANY-NETO, A.M.; TAVARES, T.M.; ROCHA, V.C.; BERETTA, M.; PINHEIRO, A .M.; RANÃ, M.C.; ROCHA, M.L.; ROCHA, C.; LOPES,R.; SANTARÉN, O.; JESUS, P.A; PERES, M.F.; AMORIM,C. 1992. *Relatório Técnico de Pesquisa: Subsídios para ações de controle da poluição por chumbo e cádmio em Santo Amaro da Purificação, Bahia.* Faculdade de Medicina / Instituto de Química. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA.

CARVALHO,F.M.; NETO, A M.S.; PERES, M.F.T.; GONÇALVES, H.R.; GUIMARÃES, G.C.; AMORIM, C.J.B.; JR.SILVA, J.A S.; TAVARES, T.M. 1996. *Intoxicação pelo chumbo: Zinco protoporfirina no sangue de crianças de Santo Amaro da Purificação e de Salvador, Bahia.* J. pediatri. (Rio J.), 72(5): 295-298.

CARVALHO, F.M.; SILVANY-NETO, A.M.; TAVARES, T.M.; COSTA, A .C.; CHAVES, A.R.; NASCIMENTO, L.D.; REIS, M.A . 1999. *A persistência de níveis elevados de chumbo no sangue da crianças de Santo Amaro da Purificação.* Relatório Preliminar de Pesquisa. Faculdade de Medicina / Instituto de Química. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA.

CEPED/UFBa – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento/Universidade Federal da Bahia. 1996. Programa de Monitoramento dos Ecossistemas ao Norte da Baía de Todos os Santos. Relatório Técnico Final. Universidade Federal da Bahia.

CEPRAM - Conselho Estadual de Proteção Ambiental do Estado da Bahia,

1977. *Parecer Técnico Sobre A Ampliação da COBRAC*. Secretaria de Planejamento, Ciência E Tecnologia – Ba.

CEPRAM. Conselho Estadual de Proteção Ambiental do Estado da Bahia. 1981. Secretaria de Planejamento, Ciência E Tecnologia – Ba. Informação para o CEPRAM sobre a situação da COBRAC.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. 1999. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Projeto CETESB-GTZ. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha.

CLAYTON, D. & HILLS, M. 1993. *Statiscal models in epidemiology*. New York: Oxford University Press.

CLEMENT, J. 1985. *Chemical, physical, and biological properties of compounds present at hazardous waste sites*. Final Report to the Office of Waste Programs Enforcement, Office of Solid Waste and Emergency Response, Environmental Protection Agency, Washington, DC, by Clement Associates, Arlington, VA.

COALE, K.H.; BRULAND, K.W. 1988. *Copper complexation in the Northeast Pacific*. *Limnol Oceanogr* 33:1084-1101.

COMPANHIA BRASILEIRA DE CHUMBO (COBRAC). 1981. 1º Relatório Trimestral. Salvador / BA. Agosto/1981.

COMPANHIA BRASILEIRA DE CHUMBO (COBRAC). 1981. 2º Relatório Trimestral. Salvador / BA. Novembro/1981.

COMPANHIA BRASILEIRA DE CHUMBO (COBRAC). 1982. 4º Relatório Trimestral. Salvador / BA. Maio/1982.

COMPANHIA BRASILEIRA DE CHUMBO (COBRAC). 1982. 5º Relatório Trimestral. Salvador / BA. Agosto/1982.

COMPANHIA BRASILEIRA DE CHUMBO (COBRAC). 1983. 7º Relatório Trimestral. Salvador / BA. Fevereiro/1983.

COSTA, A.C.A.. 2001. *Avaliação de alguns aspectos do passivo ambiental de uma metalurgia de chumbo em Santo Amaro da Purificação, Bahia*. Tese de Mestre em Química Analítica UFBA – IQ- jul 2001.

CRA - Centro de Recursos Ambientais da Bahia. 1992. *Respostas aos quesitos do Ministério Público*. Salvador. 14p.

CRA – Centro de Recursos ambientais da Bahia. 2000. Avaliação da Qualidade das Águas. Bacia Hidrográfica do Rio Subaé.

CUNHA, P. S. P. & ARAÚJO, P. S. P. 2001. Laudo Pericial de Avaliação e Quantificação da Contaminação Ambiental por Chumbo e Cádmiu no Município

de Santo Amaro da Purificação – Estado da Bahia. 167 p.

COBRAC. 1991. Nota Técnica No. 005/81 de 11/09/1981.

CURTIN, L.R.; KLEIN, R.L. 1995. Direct Standardization (age-adjusted death rates). *Health People 2000 – Statistical Notes*; 6:1-10.

DAVIES-COLLEY, R.J.; NELSON, P.O.; WILLIAMSON, K.J. 1985. *Sulfide control of cadmium and copper concentrations in anaerobic estuarine sediments*. *Mar Chem* 16:173-186.

DEBUSK, T.A, LAUGHLIN, R.B.JR.; SCHWARTZ, L.N. 1996. *Retention and compartmentalization of lead and cadmium in wetland microcosms*. *Water Research* 30 (11):2707-2716.

DUARTE, E.C.; SCHNEIDER, M.C.; PAES-SOUSA, R.P.; RAMALHO, W.M.; SARDINHA, L.M.V.; SILVA JÚNIOR, J.B.; CASTILLO-SALGADO, C. 2002. *Epidemiologia das desigualdades em saúde no Brasil: Um estudo exploratório*. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde;

ELINDER, C.G. 1985. *Cadmium: Uses, occurrence and intake*. In: FRIBERG, L.; ELINDER, C.G.; KJELLSTROM, T. ET AL., eds. *Cadmium and health: A toxicological and epidemiological appraisal*. Vol. I. Exposure, dose, and metabolism. Effects and response. Boca Raton, FL: CRC Press, 23-64.

ELINDER, C.G. 1992. *Cadmium as an environmental hazard*. IARC - International Agency of Research on Cancer. *Sci Pub*1118:123-132.

FISHBEIN, L. 1981. *Sources, transport, and alterations of metal compounds: An overview: 1. Arsenic, beryllium, cadmium, chromium, and nickel*. *Environ Health Perspect* 40:43-64.

FISHER, D.C. 2001a. *Zinc. Specific Health Hazards and Toxins*. In: *Clinical Environmental Health and Toxic Exposures*. Sullivan, J.B. and Krieger, G.R. (eds). Williams & Wilkins, Philadelphia, USA.

FISHER, D.C. 2001b. *Copper. Specific Health Hazards and Toxins*. In: *Clinical Environmental Health and Toxic Exposures*. Sullivan, J.B. and Krieger, G.R. (eds). Williams & Wilkins, Philadelphia, USA.

FAO/WHO -Food and Agriculture Organization of the United Nations / WHO. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 2000. *Food Additives and contaminants*. WHO Technical Reports Series, 896.

FAO/WHO -Food and Agriculture Organization of the United Nations / WHO. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 2001. *Food Additives and contaminants*. WHO Technical Reports Series, 901.

GERRITSE, R.G.; DRIEL, W.V. 1984. *The relationship between adsorption of trace metals, organic matter, and pH in temperate soils*. *J Environ Qual* 13(2):197-204.

GUPTA, U.C. 1979. *Copper in agricultural crops*. Nriagu JO, ed. *Copper in the environment. Part I: Ecological Cycling*. New York: John Wiley & Sons Inc.

HALL, A H. 2002. *Chronic arsenic poisoning*. Toxicology Letters, 128: 69 – 72.

HALLENBECK, W.H. 1993. *Quantitative risk assessment for environmental and occupational health*. Lewis Publishers. INC.224pp.

HARRISON, F.L.; BISHOP, D.J. 1984. *A review of the impact of copper released into freshwater environments*. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Livermore, CA: Lawrence Livermore National Laboratory. NUREG/CR-3478.

HE, Q.B.; SINGH, B.R. 1994. *Crop uptake of cadmium from phosphorus fertilizers. Part I. Yield and cadmium content*. Water Air and Soil Pollution 74:251-265.

HOFFMANN, K.; KRAUSE, C.; SEIFERT, B. 2001. *The German Environmental Survey 1990/92 (GerES II): Primary Predictors of Blood Cadmium Levels in Adults*. Ach Environ Health, 56 (4): 374 – 379.

HOWSON, C.P.; HERNANDEZ-AVILA, M.; RALL, D.P. (eds). 1996. *Lead in the Americas. A call for action*. National Institute of Public Health. Center for Population Health Research. Mexico.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY RESEARCH CANCER. 1993.
Lyon, IARC Monographs, 58: 119.
[Http://www.monographs.iarc.fr/htdocs/monographs/vol58/mono58-2.htm](http://www.monographs.iarc.fr/htdocs/monographs/vol58/mono58-2.htm)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2000. Malha Municipal Digital do Brasil 1997.

JANSSEN, R.P.T.; PEIJNENBURG, W.J.G.M.; POSTHUMA, L. 1997. *Equilibrium partitioning of heavy metals in Dutch field soils: I. Relationship between metal partition coefficients and soil characteristics*. Environ Toxicol Chem 16(12):2470-2478.

KEITZ, E.L. 1980. *Atmospheric cycles of cadmium and lead: Emissions, transport, transformation and removal*. McLean, VA: The Mitre Corporation.

KELADA, S.N.; SHELTON, E.; KAUFMANN, R.B.; KHOURY, M. 2001. *δ- aminolevulinic acid dehydratase genotype and Lead Toxicity: A HUGE Review*. Am J Epidem, 154 (1): 1 – 13.

KENNISH, M.J. 1998. *Trace metal-sediment dynamics in estuaries: Pollution assessment*. Rev Environ Contam Toxicol 155:69-110.

KEOGH, JP; BOYER, L.V. 2001. *Lead – Specific Health Hazards and Toxins*. In: : *Clinical Environmental Health and Toxic Exposures*. Sullivan, J.B. and Krieger, G.R. (eds). Williams & Wilkins, Philadelphia, USA.

KONIG, H.P.; HEINRICH, U.; KOCK, H. 1992. *Effect of photocorrosion on cadmium sulfide suspensions applied in animal inhalation studies with CDS particles*. Arch Environ Contam & Toxicol 22:30-5.

LEROYER, A.; HEMON, D.; NISSE, C.; BAZERQUES, J.; SALOMEZ, J.L.; HAGUENOER, J.M. 2001. *Environmental exposure to lead in a population of adults living in northern France: lead burden levels and their determinants*. Science Total Environm, 267: 87 – 99.

LEROYER, A.; HEMON, D.; NISSE, C.; AUQUE, G.; MAZZUCA, M.; HAGUENOER, J.M. 2001. *Determinants of Cadmium Burden levels in a population of children living in the vicinity of nonferrous smelters*. Environm. Res., 87: 147-159.

LEVINE, M.B.; HALL, A.T.; BARRETT, G.W. 1989. *Heavy metal concentrations during ten years of sludge treatment to an old-field community*. J Environ Quality, 17, p. 411-418.

LOUREIRO, S.; SPINOLA, G.S.; CARVALHO, F.M.; BARRETO, M.L. 1983. *Lead poisoning and hookworm infection as multiple factors in anaemia*. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 77 (3): 321-322.

LUSTBERG, M.; SILBERGELD, E. 2002. *Blood lead levels and Mortality*. Arch Int Med, 162 (21): 2443 – 2449.

MATSUBARA, J.; MACHIDA, K. 1985. *Significance of elemental analysis of hair as a means of detecting environmental pollution*. Environ. Res., 38:225-238.

MIELKE, H.W.; ADAMS, J.L.; CHANEY, R.L. 1991. *The pattern of cadmium in the environment of five Minnesota cities*. Environ Geochem Health 13:29-34.

MUNDELL, J.A., HILL, K.R.; WEAVER, J.W.II. 1989. *In situ case history: Leachable lead required precipitation immobilization*. Hazardous Waste Management 23-27.

NAS - National Academy of Sciences 1980. *Lead in the human environment*. Washington DC: Committee on Lead in the Human Environment.

NEUMAN, D.R.; DOLLHOPF, D.J. 1992. *Lead levels in blood from cattle residing near a lead smelter*. J Environ Qual 21:181-184.

NTP - National Toxicology Program. 1991. *Cadmium and certain cadmium compounds*. In: Seventh Annual Report on Carcinogens, Summary 1991. U.S., U.S. Public Health Service, Department of Health and Human Services. 114-121.

NSF- National Science Foundation. 1977. *Lead in the environment*. (Bogess WR, ed.) Washington, DC: NSFIRA-770214.

OLIVEIRA, E.R. 1977. *Parecer técnico sobre a ampliação da Companhia*

Brasileira de Chumbo, em Santo Amaro, Ba. Salvador. CEPED - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento/Secretaria do Planejamento, Ciências e Tecnologia. Programa de Proteção ao Meio Ambiente, 88p.

OLSON, K.W & SKOGERBOE R.K. 1975. *Identification of soil lead compounds from automotive sources.* Environmental Science and Technology 9:227-230.

PEDREIRA, P.T. 1977. *Memória Histórico-Geográfica de Santo Amaro.* Brasília.

PENA, P.G.L.1994. *Maladies d'une industrie et l'industrie de la maladie : une étude de cas d'une multinationale délocalisée au Brésil et ses impacts sur la santé et l'environnement.* Tese de Doutorado.Ecole de Hautes Etudes en Sciences Sociales de Recherches Comparatives sur le Développement. Paris. França.

PERWAK, J.; BYSSHE, S.; GOYER, M. 1980. *An exposure and risk assessment for copper.* Washington, DC: USEPA. USEPA-440/4-81-015.

PIERCE, F.J.; DOWDY, R.H.; GRIGEL, D.F. 1982. *Concentrations of six trace metals in some major Minnesota Soil Series.* J Environ Qual 11:416-422.

RAMELOW, G.J.; WEBRE, C.L.; MUELLER, C.S. 1989. *Variations of heavy metals and arsenic in fish and other organisms from the Calcasieu River and Lake, Louisiana.* Arch Environ Contam Toxicol 18:804-818.

REIS, J.O.N. 1975. *Determinação polarográfica de Pb^{2+} e Cd^{2+} em águas do rio Subaé – Sto. Amaro – Bahia.* Tese para concurso de professor assistente do Departamento de Química Geral do Instituto de Química da U.F.Ba. 81 p.

RIPSA (Rede Interagencial de Informações para a Saúde). *Indicadores Básicos de saúde no Brasil: conceitos e aplicações/ Rede Rede Interagencial de Informações para a Saúde –Ripsa.* Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde, 2002.

SANTOS, J.F. 1995. *Parecer técnico sobre análise da situação do enquadramento da escória e forma de disposição final.* Salvador, Centro de Recursos Ambientais/Secretaria do Planejamento, Ciências e Tecnologia. (Parecer Técnico nº 055/95 - SFA).

SCHWARTZ, B.S.; BYUNG-KOOK, L.; GAP-SOO, L.; STEWART,W.F.; SUNG-SOO, L.; HWANG, KYU-YOON, et al. 2001. *Associations of Blood Lead, dimercaptosuccinic Acid-chelatable Lead and Tibia Lead with Neurobehavioral Test Scores in South Korean Lead Workers.* Am J Epidemiol, 153 (5): 453 – 464.

SILVA, A.P.; CÂMARA, V.M.; NASCIMENTO, O.C.M.; OLIVEIRA, L.J.; SILVA, E.; PIVETTA, F.; MARROCAS, P.R.G. 1996. *Emissões de mercúrio na queima de amálgama: estudo da contaminação de ar, solos e poeira em domicílios de Poconé – MT.* Tecnologia Ambiental, RJ: CETEM/CNPq; ISSN 01037374, Volume 13:3-35.

SPINOLA, A.G. 1975. *Variáveis epidemiológicas no controle do saturnismo*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Medicina / Universidade Federal da Bahia. Salvador / BA.

SPRAGUE, J.B. 1986. *Toxicity and tissue concentrations of lead, zinc, and cadmium for marine mollusks and crustaceans*. International Lead Zinc Research Organization, Inc. I-74.

SYLVANY-NETO, A.M.; CARVALHO, F.M.; LIMA, M.E.C.; TAVARES, T.M. 1985. *Determinação social da intoxicação por chumbo em crianças de Santo Amaro, Bahia*. *Ciência e Cultura*, 37:1614-1626.

SYLVANY-NETO, A.M.; CARVALHO, F.M.; CHAVES, M.E.C.; BRANDÃO, A.M.; TAVARES, T.M. 1989. *Repeated surveillance of lead poisoning among children*. *Sci Total Environ*, 78: 179-186.

SYLVANY-NETO, A. M.; CARVALHO, F.M.; TAVARES, T.M.; GUIMARÃES, G.C.; AMORIM, C.J.B.; PERES, M.F.T.; LOPES, R.S.; ROCHA, C.M.; RANÃ, M.C. 1996. *Evolução da intoxicação por chumbo em crianças de Santo Amaro, Bahia*. 1980, 1985 e 1992. *Bol. Oficina Sanit Panam*, 120(1): 11 – 22.

SZWARCWALD, C.L.; LEAL, M.C.; ANDRADE, C.L.T. et al. 2002a. *Estimação da mortalidade infantil no Brasil: o que dizem as informações sobre óbitos e nascimentos do Ministério da Saúde?*. *Cad. Saúde Pública*, 18: 1725-1736.

Szwarcwald ,C.L.; Andrade C.L.; Bastos, F.I. 2002b. *Income inequality, residential poverty clustering and infant mortality: a study in Rio de Janeiro, Brazil*. *Soc Sci Med*;55 (12):2083-92.

STATACORP. *Stata Statistical Software: Release 7.0*. College Station, TX: Stata Corporation; 2001.

TAVARES, T.M. 1985. *Relatório preliminar de pesquisa referente a uma reavaliação dos índices de intoxicação por chumbo na população infantil residente a menos de 900m da COBRAC*. Projeto Estudos Ecológicos do Recôncavo. Faculdade de Medicina / Instituto de Química. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA.

TAVARES, T.M.; BRANDÃO, A.M.; CHAVES, M.E.C.; NETO, A.M.S. e CARVALHO, F.M. 1989. *Lead In Hair Of Children Exposed to Gross Environmental Pollution*. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* Vol 36, pp 221-230.

TAVARES, T.M. 1990. *Avaliação de e feitos das emissões de cádmio e chumbo em Santo Amaro –Bahia* .Tese de Doutorado – Instituto de Química – USP 1990.

TAVARES, T.M e CARVALHO, F.M. 1992. *Estudo de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo baiano*. *Química Nova* 15(2).

THIER, R.; GOLKA, K.; BRUNING, T.; KO, Y.; BOLT, H.M. 2002. *Genetic susceptibility to environmental toxicants: the interface between human and experimental studies in the development of new toxicological concepts*. Toxicological letters, 127: 321 – 327.

THORNTON, I. 1992. *Sources and pathways of cadmium in the environment*. IARC - International Agency of Research on Cancer. Sci Publ 118:149-162.

TOXIKÓN Assessoria Tecnológica. 2003. [Http://www.toxikon.com.br/q1nr7.html](http://www.toxikon.com.br/q1nr7.html)

TSENG, C.H; TSENG, C.P; CHIOU, H.Y; HSUEH, Y.M; CHONG, C.K; CHEN, C.J. 2002. *Epidemiologic evidence of diabetogenic effect of arsenic*. Toxicology Letters, 133: 69-76.

UFBa - Universidade Federal da Bahia. 1996. Programa de Monitoramento dos Ecossistemas ao Norte da Baía de Todos os Santos. Relatório Técnico Final.

USEPA - United States Environmental Protection Agency (EPA). 1979. *Copper. Water-related environmental fate of 129 priority pollutants*. U.S. Environmental Protection Agency. EPA-440/4-79-029a.

USEPA - United States Environmental Protection Agency (EPA). 1986. Air quality criteria for lead. Research Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office. EPA 600/8-83-028F.

USEPA - United States Environmental Protection Agency (EPA). 1996. *Great Lakes Program Office*. <http://www.epa.gov/grtlakes/fund/status/sedmtiag.html>

USEPA - United States Environmental Protection Agency (EPA) – Integrated Risk Information System. 2003. [Http://www.epa.gov/iris/subst](http://www.epa.gov/iris/subst).

VAHTER, M.; BERGLUND, M.; AKESSON, A; LIDÉN,C. 2002. *Metals and Women's Health*. Environm Res, 88: 145-155.

