



RELATÓRIO DA CETESB
SOBRE CAÇAPAVA

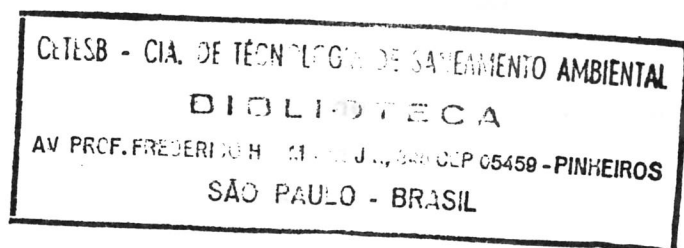
(Informação da CETESB sobre o problema da
implantação de três indústrias reproces
sadoras de chumbo em Caçapava)

TOMOS 1 e 2

CETESB / 1981

0100
C338r(RCET
006004

T. 1 e 2



RELATÓRIO DA CETESB SOBRE CAÇAPAVA

TOMO 1 - RELATÓRIO

São Paulo, 1981



A P R E S E N T A Ç Ã O

A implantação de tres indústrias processadoras de chumbo no Município de Caçapava criou séria polêmica em razão dos interesses de proprietários vizinhos que se viram prejudicados pelo zoneamento fixado em Lei Municipal.

As dúvidas levantadas quanto aos riscos de saúde decorrentes daquelas instalações, licenciadas com exigências técnicas pela CETESB, tiveram de ser exaustivamente debatidas inclusive porque a questão foi levada aos Tribunais.

O presente relatório em quatro tomos retrata o histórico, os debates e as providências levadas a cabo com a participação da CETESB.

RELATÓRIO DA CETESB SOBRE CAÇAPAVA

SUMÁRIO

TOMO 1

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. HISTÓRICO E DADOS INDUSTRIAIS	4
3. A TOXICIDADE DO CHUMBO	16
4. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE MACRO-LOCALIZAÇÃO	18
5. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE MICRO- LOCALIZAÇÃO	22
6. CONDIÇÕES DE SEGURANÇA PARA O FUNCIONAMENTO DAS IN- DÚSTRIAS	27
7. MONITORAMENTO E ACOMPANHAMENTO EPIDEMIOLÓGICO	31
8. CONCLUSÕES	33

ANEXOS

TOMO 2

- I - CRONOLOGIA DOS PROCESSOS DE LICENCIAMENTO.
- II - RELATÓRIO SUCINTO SOBRE A INSTALAÇÃO DA FIRMA FAÉ S.A. - Engº PAULO T. HASEGAWA (CETESB).
- III - OMS - TRADUÇÃO DE PARTE DOS CRITÉRIOS DE SAÚDE AMBIENTAL CHUMBO.
- IV - CHUMBO - POLUIÇÃO AMBIENTAL. Prof. DIOGO PUPO NOGUEIRA E Prof. JORGE DA ROCHA GOMES (FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA DA USP).
- V - NÍVEIS DE CHUMBO E ATIVIDADES DO ÁCIDO δ - AMINOLEVULINI CODESIDRATASE NO SANGUE DA POPULAÇÃO DE SÃO PAULO (BRASIL). Dra. NILDA A.G.G. DE FERNÍCOLA E Dr. FAUSTO ANTONIO DE AZEVEDO (CETESB).

TOMO 3

- VI - TRANSCRIÇÃO DE PALESTRAS E PRONUNCIAMENTOS DOS REPRESENTANTES DE CAÇAPAVA - REUNIÃO DE 14/07/80.
- VII - O SÍTIO E A LOCALIZAÇÃO DAS INDÚSTRIAS. Engº DEMÉTRIO CABRAL JÚNIOR (CETESB).
- VIII - CERTIDÕES DA PREFEITURA MUNICIPAL DE CAÇAPAVA E LICENÇAS DE INSTALAÇÃO E DE FUNCIONAMENTO.
- IX - ATAS E PRESENÇA ÀS REUNIÕES DA COMISSÃO DE ESTUDOS SOBRE A INSTALAÇÃO DE INDÚSTRIAS EM CAÇAPAVA.

TOMO 4

- X - LEGISLAÇÃO.
- XI - CENÁRIO DE MACRO-ZONEAMENTO SUGERIDO PELA CEEIVAP.
- XII - RELATÓRIO TÉCNICO QUALIDADE DO AR EM CAÇAPAVA.
- XIII - MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO DOS SISTEMAS DE CONTROLE DE POLUENTES DA FAÉ - CAÇAPAVA.

1. INTRODUÇÃO

A localização de três indústrias potencialmente poluidoras na cidade de Caçapava, no Vale do Paraíba, em São Paulo, tem dado margem a extensas discussões em que a opinião técnica, a opinião política e, mesmo, a opinião do povo tiveram oportunidade de se expressar de variadas formas.

Do contato com o Governo do Estado resultou a criação de alguns grupos de trabalho com a finalidade de analisar e debater os aspectos técnicos e comunitários apresentados por um conjunto de representantes de uma parte do povo da cidade, conjunto este formado de cidadãos com atuação destacada em entidades públicas ou privadas no campo da técnica e da ciência de modo geral.

Cada qual trouxe para a discussão em grupo, realizada na CETESB, em várias oportunidades, suas informações, seus dados e seus pontos de vista que puderam ser pesados e sentidos por um grupo de técnicos desta companhia que tem a responsabilidade de controlar a poluição ambiental, inclusive autorizando, ou não, a implantação de novos empreendimentos em qualquer local do território estadual.

Esse grupo de cidadãos de Caçapava houve por bem apresentar seus dados e opiniões em relatório específico, cujo conteúdo ainda na fase final de elaboração, foi dado a conhecer ao grupo técnico da CETESB em reunião de 14/07/80, em palestras

ou pronunciamentos gravados e posteriormente transcritos.

Tendo em conta o relatório definitivo entregue ao Excelentíssimo Senhor Governador do Estado, reunimos neste relatório uma série de dados e informações de forma a possibilitar uma visão ampla do problema de Caçapava, a todos que tenham qualquer relação com esse assunto, bem como explicar a posição da CETESB no contexto dos procedimentos técnico-legais que se dispunha e que foram aplicados ao caso.

Evidentemente, não se pretende que esses dois relatórios esgotem o assunto, mesmo porque desconhece-se o que têm a dizer outros segmentos da população, os poderes municipais e os empresários ou seus representantes de classe.

Torna-se necessário, por outro lado, compreender que a prevenção contra a poluição ambiental sustenta-se principalmente, de um adequado planejamento do uso do solo e somente se chega a isso quando todos quantos tenham uma parcela de responsabilidade nessa definição venham a cumprir o seu papel. Não se pode negar que o Vale do Paraíba é a região melhor estudada do Estado de São Paulo, cujo Governo já desenvolveu o projeto Macro-Eixo em busca do melhor cenário de ocupação do solo para o Vale do Paraíba a nível macro, estudos esses que tiveram prosseguimento mais recentemente pela CEEIVAP, em cujo projeto atuam dedicadamente o DAEE, a SABESP e a CETESB.

Todos quantos tenham participado desses estudos e debates, certamente, enriqueceram o seu acervo de experiências. A CETESB espera que o povo de Caçapava, realmente, seja o grande beneficiado deste trabalho.

2. HISTÓRICO E DADOS DAS INDÚSTRIAS

2.1 FAÊ S/A - INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE METAIS

GETESB - CEN. DE TÉCNICA E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS
BIBLIOTECA

a. DADOS GERAIS:

- a.1 A FAÊ S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE METAIS está situada na estrada de Caçapava Velha Km 2, no Bairro de Campo Grande, em Caçapava.
- a.2 Trata-se de indústria de recuperação de metais não ferrosos, tendo como atividade principal a produção de lingotes de chumbo antimonioso e mole e antimoniato a granel como sub-produto.
- a.3 A indústria conta com 4.627 m² de área construída e um terreno de 138.997 m² empregando ao todo 70 funcionários, para produção contínua em 4 turnos de trabalho, conforme segue:

PRODUTOS	PRODUÇÃO T/MÊS		
	1º ESTÁGIO	2º ESTÁGIO	TOTAL
chumbo antimonioso	1.400	2.100	3.500
chumbo mole	600	900	1.500
escória	547	828	1.375

a.4 Resíduos Sólidos:

Os resíduos sólidos industriais correspondem às

1.375 t/mês de escória que são utilizados em aterros na fábrica.

Os resíduos sólidos domésticos avaliados em 320 Kg/dia destinam-se parte à venda e parte ao aterro sanitário.

a.5 Controle da polui o do ar

Combustíveis a serem utilizados:

-  leo diesel: 180 t/ano
-  leo mistura: 1.380 t/ano

'Chaminés com 50 m de altura:

- 1 para fornos rotativos
- 1 para fornos cadinho

a.6 Controle da polui o das  guas:

- Para abastecimento deverão ser utilizadas as águas de um poço freático (10.000 l/dia) e as do Córrego da Divisa (20.000 l/dia).
- Os efluentes domésticos serão tratados de acordo com as exigências da CETESB e em seguida infiltrados no solo.
- As  guas de refrigera o serão reutilizadas em sua maior parte; cerca de 5.000 l/dia de água limpa serão acrescentados ao volume recirculado.

b. INFORMAÇÕES REFERENTES AO PROCESSO DE LICENCIAMENTO:

b.1 Viabilidade de localização - Processo 03/0093/7

Em 28.06.77 a firma FAÉ S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE METAIS solicitou Viabilidade de Instalação para uma indústria de recuperação de metais (chumbo, alumínio, bronze e antimônio) em zona rural, local considerado pela Prefeitura Municipal de Caçapava como zona industrial futuramente, conforme Certidão de folha 37 do processo.

Em 19.07.77 foi realizada vistoria ao local para verificar a ocupação existente nas proximidades, tendo o mesmo sido considerado bom para a instalação da indústria face à baixíssima densidade de ocupação existente no local e à inexistência de efluentes líquidos industriais, conforme consta em folhas 42 e 43 do processo.

Assim sendo, em 21.07.77, foi exarado o Parecer nº GLI/DLI-1 nº 0511/77, favorável à instalação da firma no local, tendo sido ressaltado que a mesma deveria requerer a competente Licença de Instalação prevista no Regulamento da Lei nº 997/76 (Dec. 8468/76) ocasião em que seriam formuladas as exigências técnicas de controle de poluição ambiental, conforme consta em folhas 44, 45 e 46 do processo.

b.2 Licença de Instalação - Processo nº 03/0211/8

Em 31.08.78 a FAÉ solicitou Licença de Instalação para produção de chumbo mole (900 ton./mês) e chumbo duro (2.100 ton./mês) a partir de placas de baterias usadas e outras sucatas.

Em 18.09.78, após análise das fontes de poluição da indústria, foi emitida a Licença de Instalação nº 5.605 (folha 107 do processo) com as seguintes exigências técnicas, a serem cumpridas antes do início de funcionamento:

Instalar adequado sistema de controle de poluição do ar para as operações de:

- fusão de placas, borras, terras de antimoniato de chumbo em fornos rotativos.
- refino e preparo de ligas de chumbo em fornos cadinho.

Os esgotos sanitários da firma devem ser tratados e dispostos de acordo com a Norma NB-41 da ABNT. O sistema de tratamento e disposição deverá estar descoberto, para fins de vistoria da CETESB, por ocasião da Licença de Funcionamento.

Em 18.06.79 as exigências técnicas foram complementadas pela Carta DTSA/586/79 com:

Instalar equipamento de controle para compostos de enxofres nos fornos de recuperação de chumbo, com eficiência mínima de 85% (oitenta e cinco por cento), de preferência por sistema a seco.

Instalar sistema específico de segurança para prevenir emissões maçosas devidas a eventual rompimento de mangas de filtro (filtros em paralelo).

No caso de rompimento de mangas deverá haver parada imediata do processamento industrial.

Instalar equipamentos adequados e invioláveis do monitoramento contínuo de partículas e dióxido

de enxofre em todas as chaminés.

Instalar sistema de tratamento completo de eventuais resíduos líquidos provenientes do sistema de controle de compostos de enxofre, sendo que o efluente, mesmo tratado, não deverá ser enviado a cursos d'água que sirvam de manancial de abastecimento de água para consumo animal ou para irrigação.

A altura efetiva de qualquer chaminé não deverá ser inferior a 50 (cinquenta) metros.

Os equipamentos de controle de partículas dos fornos de chumbo deverão ter eficiência mínima de 99% (noventa e nove por cento) em peso.

Todos os sistemas de controle de poluição a serem instalados deverão ser previamente aprovados pela CETESB.

A Licença de Funcionamento da CETESB só será concedida após verificação prática da eficiência dos sistemas de controle de poluição instalados.

b.3 Licença de Funcionamento - Processo nº 03/0089/0

Em 05.03.80 a FAE solicitou a Licença de Funcionamento argumentando que há necessidade da mesma para que a Light faça a ligação de força trifásica 440 V para teste de todas as ligações, motores, painéis, programadores eletrônicos, válvulas e equipamentos de utilidade, tendo a mesma ressaltado que os testes de produção só seriam iniciados em 30 de Junho de 1.980.

Em vistoria realizada à firma em 13.03.80 foi constatado:

A edificação encontrava-se em fase final de construção.

Parte dos equipamentos já estavam instalados, quais sejam:

02 (dois) fornos rotativos
03 (três) fornos cadinho
02 (dois) compressores
01 (uma) esteira transportadora
01 (uma) ponte rolante; capacidade de 7 toneladas.

Com relação a sistemas de controle de poluição:

- Encontravam-se instalados 02 (dois) conjuntos de filtros-manga para controle de material particulado, sendo um para a fusão em fornos rotativos e o outro para a carga e descarga dos fornos rotativos e fornos cadinhos.
- Não havia sido instalado equipamento de controle de emissão de dióxido de enxofre.
- O sistema de exaustão de gases ainda não estava terminado.
- Foi construída uma chaminé com aproximadamente 50 metros de altura.
- Não haviam sido instalados filtros em paralelo como sistema de segurança para prevenir emissões maciças por rompimento de filtros manga.
- Encontrava-se instalado comando elétrico que desligará os maçaricos dos fornos caso a temperatura dos gases nos filtros manga atinja temperatura superior a 115°C.

- Não havia sido instalado equipamento de monitoramento contínuo de partículas e dióxido de enxofre.
- A fossa séptica e as valas de infiltração para os efluentes sanitários encontravam-se em fase final de implantação.

Através da Carta DEAR/94/80, de 04.07.80, a CETESB participou à FAÉ que o projeto dos sistemas de controle de poluição apresentado através de carta de 27.05.80, após análise criteriosa, foi reprovado por seus técnicos.

O pedido de Licença de Funcionamento para a fábrica de Caçapava, formulado através da Carta de 23.06.80, não foi aceito pela CETESB por não ter sido aprovado o projeto relativo aos sistemas de controle de poluentes atmosféricos em atendimento à Exigência Técnica nº 003077 complementada pela Carta DTSA/586/79 de 18.06.79, parte integrante da LI-05605 de 18.09.78; tal decisão foi comunicada à FAÉ em 09.07.80 por intermédio da Carta DEAR/95/80.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

2.2

A. TONOLLI S. A. IND. E COM. DE METAISa. DADOS GERAIS

- a.1 Trata-se de fundição destinada à recuperação e refino de metais não ferrosos, que trabalhará na produção de lingotes de ligas de alumínio.

Local: Estrada da Germana Km 33 - Campo Grande

Município: Caçapava

Área do terreno: 342.500 m²

Área construída: 17.430 m²

Área de atividades ao ar livre: 5.200 m²

Total de empregados: 121

Turnos de trabalho: 03

Produção: contínua (3.340 t/mês de lingotes de liga de alumínio)

a.2 Resíduos sólidos

Lixo doméstico: 6 a 8 m³/mês

Resíduo industrial ferroso (óxido de alumínio principalmente): ensacado e vendido às indústrias de material refratário.

Resíduo industrial sólido: escórias dos fornos rotativos: encaminhadas às indústrias de recuperação de alumínio; sucata de ferro: para o ferro velho.

a.3 Poluição do ar

Combustíveis:	Óleo BTE	11.940 t/ano
	Óleo Diesel	75.000 l/ano
	GLP	540 t/ano

Caldeira:	01 unidade
	500 Kg vapor/hora

a.4 Poluição das águas

Abastecimento:	poço profundo	100/120 m
		30 m ³ /hora
		12 h/hora
Consumo:	doméstico:	1.000 l/h
	reposição para re	
	frigeração	10.000 l/h
	caldeira:	500 l/h
	diversos	500 l/h
		12.000 l/h

Esgotos domésticos: fossas sépticas e poços absorventes.

Despejos industriais: não existem.

b. INFORMAÇÕES REFERENTES AO LICENCIAMENTO

A licença de instalação (nº 001872) foi emitida em 31/10/77; a respectiva Exigência Técnica (nº 000678) menciona as seguintes exigências:

- b.1 Instalar sistemas de ventilação local exaustora e equipamentos de controle de poluentes, cujas características e eficiências deverão ser aquelas citadas no plano de controle de poluição apresentado para as operações enumeradas;
- b.2 Instalar sistema de ventilação local exaustora e equipamento de controle de poluentes para material particulado proveniente da operação de separação de alumínio e ferro em forno rotativo basculante;
- b.3 Os sistemas de transporte de materiais pulverulentos deverão ser adequadamente enclausurados;
- b.4 O sistema de disposição dos despejos líquidos sanitários deverá ser executado de acordo com a NB-41 da ABNT, devendo estar concluído antes do início das atividades do empreendimento;
- b.5 A distância entre o poço de abastecimento e os sistemas de disposição dos despejos líquidos sanitários deverá ser de, no mínimo, 30 metros.

2.3 REPROCESSA RESÍDUOS INDUSTRIAIS S/A.

a. DADOS GERAIS

- Trata-se de indústria química de recuperação de metais instalada em terreno de 31.800 m² na Estrada de Caçapava Velha, s/nº, em Caçapava.
- Área construída: 450 m²
- Nº total de empregados: 33
- Turnos de trabalho: 03
- Produção: mensal 90 t de produtos:
 - sulfato de zinco
 - solução de cloreto de zinco
 - óxido de zinco
 - sulfato de zinco cristalizado
 - zinco metálico

b. INFORMAÇÕES RELATIVAS AO LICENCIAMENTO

- Em 19.04.78 foi emitida a Licença de Instalação nº... 03534, com a Exigência Técnica nº 01469, relativa à poluição do ar e da água.
- No ano seguinte, a 13 de março foi concedida uma Licença de Funcionamento, a título precário, válida pelo prazo de 4 (quatro) meses.
- Em 27.06.79 foi realizada uma inspeção para atendimento a uma reclamação devida à mortandade de peixes ocorrida em um sítio em Caçapava; na oportunidade foram paralizadas as atividades da indústria e cassada a

Licença de Funcionamento concedida a título precário.

- A 3 de julho de 1979 a indústria solicitou permissão para voltar às atividades normais de produção, funcionando em circuito fechado, sem qualquer lançamento de resíduos líquidos; o funcionamento nestas condições foi autorizado por 30 (trinta) dias em 10.07.79 (Carta nº 1.111/79-GURT).
- Também foram concedidas Licenças de Funcionamento, a título precário em 10/08, 11/10 e 16/11/79 respectivamente, pelos prazos de 2 meses, 1 (um) mês e 6 meses.
- Virtualmente a indústria não libera poluentes na atmosfera.
- Para receber os efluentes líquidos ($1 \text{ m}^3/\text{dia}$) provenientes do sistema de tratamento foi construído um reservatório de 600 m^3 dividido em duas seções de cerca de 300 m^3 .

3. A TOXICIDADE DO CHUMBO

Neste tópico, o relatório, também, é dirigido para o problema do Chumbo devido ao fato de constituir o poluente mais significativo segundo aparente consenso dos grupos de trabalho.

Este assunto é tratado à saciedade em diversos anexos quais sejam:

- . Environmental Health Criteria - Lead WHO 1977 - Tradução parcial (Anexo III).
- . Chumbo: Poluição Ambiental - Professor Diogo Pupo Nogueira e Jorge da Rocha Gomes (Anexo IV).
- . Níveis de Chumbo e Atividade Ácido δ -Aminolevulinicodesidratação no sangue da população de São Paulo - Brasil - CETESB (ANEXO V).
- . Pronunciamento do Dr. Neuci da Cunha Gonçalves e Dr. João Targino de Araujo. Transcrição de Gravação de reunião de 14/7/80 (ANEXO VI).

Em complementação, cumpre assinalar que a EPA Americana estabeleceu ("Federal Register" de 5/10/78), como padrão de Chumbo no ar, $1,5 \mu\text{gPb}/\text{m}^3$ de ar para o valor limite da média dos valores medidos em períodos de 90 dias. Esse valor deve prevenir problemas pela manutenção do nível de Pb no sangue de indivíduos, in

ferior a 30 $\mu\text{gPb}/100\text{ ml}$ sangue em 99,5% dos casos, fatores esses que levam a média geométrica da população, a não superar 15 $\mu\text{gPb}/100\text{ml}$ de sangue.

4 . AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE MACRO LOCALIZAÇÃO

O zoneamento industrial do município de Caçapava, instituído pela Lei Municipal nº 1863 de 11/10 /79, e com ele a efetiva localização das três indústrias em questão, pode sofrer as seguintes análises críticas:

- . quanto a instrumentação legal;
- . quanto a sua localização em face do planejamento do uso do solo do Vale do Paraíba (Macro-Eixo e mais recentemente o do CEEIVAP);
- . quanto a outros aspectos como bacia hidrográfica, proteção de mananciais, reservas ecológicas e outros.

4.1 - Quanto a instrumentação legal

Sob que ângulo e instrumento legal, a localização da zona industrial, e com ela as três indústrias, no Vale do Paraíba, e em particular no município de Caçapava, pode ser contestada?

O Vale do Paraíba é considerado área crítica de poluição pelo Artigo 8º do Decreto Federal nº 76.389 de 03/10/75 com base nos Artigos 3º e 4º do Decreto-Lei Federal nº 1413 de 14/08/75.

O Artigo 9º do citado Decreto Federal Nº 76.389 estabelece que "caberá a Secretaria de Planejamento da Presidência da República, através da CNPU, propor a fixação, no prazo de seis meses, das diretrizes básicas de zoneamento industrial a serem observadas nas áreas críticas, relacionadas no artigo 8º deste decreto e nas que vierem a ser incluídas nessa categoria."

Essas diretrizes acabaram sendo instituídas pela Lei Federal nº 6.803 de 02/07/1980. Esta recente Lei dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial e chamamos atenção para os seguintes aspectos:

- . as zonas de uso estritamente industrial cabem ao Governo do Estado localizá-las, respeitada a legislação municipal, e observadas as disposições da Lei;
- . as zonas de uso predominantemente industrial serão criadas por Lei Municipal e obedecerão a uma série de disposições emanadas da SEMA e do Governo do Estado;
- . o Governo do Estado determinará os tipos de estabelecimentos industriais que poderão ser implantados em zonas de uso predominantemente industrial.

Entendemos que o zoneamento industrial feito anteriormente a essa Lei, pelo município, bem como o local es-

colhido pelas três indústrias, não se contrapõem necessariamente ao dispositivo legal citado, se bem que serão necessárias regulamentações adicionais para a aplicação dessa Lei. Das três indústrias, apenas a FAÉ parece enquadrar-se dentre aquelas que deverão se localizar em zona estritamente industrial, segundo critérios que deverão ser editados em complementação à nova Lei.

Por outro lado, se Caçapava fosse estância hidromineral, climática, balneária ou turística poderia ser invocada a Lei Estadual 1563 de 28/03/78 que proíbe a localização, nesses municípios, de indústrias que provoquem poluição ambiental.

Restam, portanto, a Lei Estadual 997 e seus Regulamentos para serem aplicados, a luz dos quais a CETESB tomou a decisão que lhe competia.

4.2 - Quanto aos estudos e planejamentos existentes

Do ponto de vista da macro-localização industrial, os estudos do projeto Macro-Eixo foram os primeiros de que temos notícia a terem como objetivo ordenar a ocupação do Vale do Paraíba através de alguns cenários alternativos e medidas que induziriam cada tipo de ocupação. Estes estudos, além de acentuar a posição do vale como sujeita a grandes pressões de desenvolvimento, por estar entre São Paulo e Rio de Janeiro, e quanto à sua condição de manancial, sugeriram que se evitasse a conurbação linear contínua ao longo da Dutra através de áreas verdes especiais, as quais serviriam para "quebrar" essa continuidade.

Recentemente, o CEEIVAP retomou esses estudos cujos resultados, a nível geral ou de macro-zoneamento, já foram entregues ao Comitê Especial criado pela Portaria Interministerial nº 90 de 29/03/78 para classificação dos cursos d'água da União.

Analisando a questão, pode-se afirmar que o zoneamento industrial do município aprovado pela Lei nº 1863 de 11/10/79 é compatível com o macro-zoneamento sugerido, conforme se pode ver nos Anexos X e XI.

5. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA MICRO-LOCALIZAÇÃO

Do ângulo da micro-localização, podemos dizer que cabe principalmente ao município escolher e definir os sítios reservados para os tipos de atividades humanas e os cenários ou partidos adequados de ocupação do solo. Evidentemente, as soluções aprovadas devem ser compatíveis e conformes com as disposições de macro-localização. Não se pode desconhecer a série de critérios técnicos, e não somente paisagísticos, que deve orientar estudos dessa natureza. Problemas de micro-clima e direções predominantes de ventos, condições geológicas e topográficas devem condicionar a escolha dos cenários. Não se pode desprezar, também, os aspectos econômicos e de infraestrutura. É de se reconhecer, entretanto, que, ainda hoje, raríssimos são os zoneamentos municipais que tem levado na devida conta todos esses aspectos. Mas, é certo, há quem julgue que é preferível ter alguma ordenação de ocupação do solo, do que não ter nenhuma, para que certas atividades conflitivas não se "misturem" como acontece na ausência de zoneamento legal, devido à "atração" que as indústrias exercem sobre as moradias.

Aqui, também, a análise da questão de Caçapava enseja a consideração de dois enfoques, pelo menos:

- . quanto a legislação em vigor;
- . quanto a outros aspectos de micro-localização.

5.1 - Quanto a legislação em vigor

As Licenças de Instalação fornecidas pela CETESB, à luz da legislação em vigor, aceitam basicamente a opção do zoneamento municipal, e, na verdade, incitam a manifestação das Prefeituras tendo em vista que a presença de grupos residenciais invalidará a implantação de futuras indústrias, bem como a presença de indústrias impedirá ou, pelo menos, perturbará a implantação de loteamentos residenciais.

Para a liberação de uma licença de instalação, a CETESB analisa, ainda, a capacidade do ambiente (solo, ar ou água) em assimilar os efluentes e as emissões prováveis. Na licença de instalação, então, são fixadas as exigências técnicas que a empresa deverá ter implantado até o momento de iniciar o funcionamento da fábrica, ocasião em que de
rá solicitar a Licença de Funcionamento.

Quando o ambiente estiver saturado, ou quando a capacidade de assimilação do corpo receptor for inferior à carga remanescente que deverá ser lançada, a CETESB não aprovará a Licença de Instalação e, se as medidas técnicas exigidas não estiverem implantadas com eficácia, não será for
necida a Licença de Funcionamento.

Ora, não se poderia negar que a capacidade ambiente estava em disponibilidade para assimilar os efluentes e as emissões prováveis uma vez que não se encontrava saturado, restando pois a efetivação das exigências técnicas e a verificação da disposição relativa ao zoneamento local, o que foi feito.

A Lei nº 1863 de 11/10/79 foi posterior à Licença de Instalação, porém a Prefeitura de Caçapava assumiu a responsabilidade pela definição dos terrenos das três indústrias como estando em zona industrial futura (Anexo VIII).

Por outro lado, é evidente que muitas críticas e sugestões que foram feitas à referida Lei de Zoneamento podem ser consideradas válidas, não obstante tenha ela seguido o padrão usual de ocupação do solo da região do vale. Se inovação existiu, ela esteve no próprio posicionamento das três indústrias quando as admitiu interiorizadas para a Região Sul do Município em direção a Caçapava Velha, "fugindo" da Dutra.

A Divisão de Estudos Urbanos da CETESB analisou a Lei 1863 de 11/10/79 ainda na fase de projeto, conforme os pareceres nº 003/79 de 3/5/79 e 0042/79 de 22/10/79 (Anexo X), sendo o segundo parecer posterior à aprovação da referida Lei pela Câmara Municipal de Caçapava. Foram, então, sugeridos ajustes no que tange à classificação de atividades industriais permitidas nas várias zonas e à interferência de zonas estritamente industriais com as estritamente residenciais.

No que tange às exigências técnicas, foram elas feitas com base na melhor tecnologia disponível e os sistemas de controle serão operados com um mínimo de 99% de eficiência para material particulado e 85% para compostos de enxofre (vide item 2.1.b.2). A eficiência do controle será monitorada permanentemente, além, de haver equipamento alternativo como segurança. No caso FAÉ, conforme se pode observar no Anexo XIII, as eficiências previstas em projeto são 99,64% para material particulado e 88% para compostos de enxofre as quais deverão ser verificadas durante o funcionamento.

5.2 - Quanto a outros critérios ou metodologias de micro-localização

Certamente a metodologia de micro-localização será submetida a uma revisão pelas razões seguintes:

- . a Lei Federal nº 6.803 de 02/07/80 deverá ser regulamentada e, mais, deverá ser complementada por Decretos Estaduais e Leis Municipais que levem em conta as suas disposições, a maioria delas relacionadas com a micro-localização de indústrias;
- . o zoneamento municipal terá de se antecipar aos fatos, caracterizando todas as áreas municipais com relação ao desenvolvimento futuro, se os municípios quiserem ter um desenvolvimento harmonioso;

- . o critério da zona de uso estritamente industrial terá que ser ajustado entre os estados e os municípios e será básico para se evitar problemas como o que está em foco;

Além desses aspectos que deverão condicionar a evolução da metodologia de planejamento da ocupação do solo a nível micro, outros fatores deverão ser introduzidos de forma a:

- . preservar certas condições naturais e estéticas locais;
- . impedir concentração de indústrias da mesma natureza;
- . criar áreas de transição entre diferentes zonas;
- . auscultar os anseios da comunidade;
- . criar formas de compensar desvalorizações imobiliárias eventuais.

6. CONDIÇÕES DE SEGURANÇA PARA O FUNCIONAMENTO DAS INDÚSTRIAS

Das três indústrias, a que causa maior preocupação é a FAÉ devido ao processamento de chumbo. Por essa razão, analisaremos apenas as eventuais consequências do funcionamento dessa indústria. No momento, a REPROCESSA já está em funcionamento sem qualquer restrição.

6.1 - Concentração de Pb no ar

Estudos da CETESB (Anexo II) previram uma concentração de particulado no ar de $3,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 300 m de distância da fonte e $3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a 1000 m. A concentração de chumbo será uma parte desses valores.

Estes números foram contestados (Anexo VI) pelo pessoal de Caçapava (Prof. B. M. Vieira e Dr. J.C.B. Molion) de três formas:

- a) refazendo os cálculos com condições de contorno um pouco diferentes, do que resultou valores de 5 a $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de chumbo no ar nos pontos de máximo;
- b) refazendo os cálculos de a) e chegando a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar;
- c) afirmando que os modelos de dispersão, principalmente os analíticos, são precárias ferramentas de

previsão de parâmetros ambientais, tal precariedade é agravada quando se aplica o modelo em regime de calmaria.

Verdadeiramente, não há porque polemizar esta questão. Felizmente as perspectivas neste campo são boas se tomarmos em consideração o fato de que o INPE está em fase final do desenvolvimento de um modelo numérico para essas estimativas, segundo o Dr. Molion (Anexo VI).

Somente uma verificação prática poderia, de certa forma, trazer luzes à situação e o Relatório Técnico Qualidade do Ar em Caçapava (Anexo XII) dá alguma indicação não só fornecendo as condições "back ground" do ar em Caçapava como mostrando a situação presente nas proximidades da TONOLLI em Jacareí que se assemelha no tipo de produto à FAÉ de Caçapava. As médias mais elevadas foram respectivamente $0,769 \mu\text{gPb}/\text{m}^3$ de ar em Jacareí e $0,055 \mu\text{gPb}/\text{m}^3$ de ar em Caçapava sendo, portanto, ambos os valores bastante favoráveis.

6.2 - Concentração no sangue

Segundo a publicação "WHO Lead. Environmental Health Criteria", cuja tradução parcial encontra-se no Anexo III, o acréscimo de concentração no sangue devido a cada $\mu\text{gPb}/\text{m}^3$ de ar é 1 a 2 $\mu\text{g Pb}/100 \text{ ml}$ sangue. Então a concentração no sangue, devido à concentração máxima verificada no tópic_o anterior, estaria entre 7 e 14 $\mu\text{gPb}/100 \text{ ml}$ de sangue que, somada à parte devido a outros fatores, poderia chegar à ordem de 20 $\mu\text{gPb}/100 \text{ ml}$ de sangue.

Esses valores teóricos parecem ser confirmados por estudos epidemiológicos de plumbemia realizados em São Paulo (Anexo V). Esse estudo chegou aos seguintes valores de concentração em sangue:

<u>Local</u>	<u>Média</u>	<u>D.P.</u>	<u>Variação</u> <u>($\mu\text{gPb}/100 \text{ ml}$)</u>
Cidade São Paulo	12,4	4,8	2,8 a 25,7
População Vizinha a indústria que processa chumbo	20,5	5,7	9,2 a 33,1

Exemplos em diferentes países (Anexo V)

<u>Local</u>	<u>Média</u>	<u>D.P.</u>	<u>Variação</u> ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)
Paris	26,4	-	15 - 44
Bruxelas	19,4	-	12 - 32
Glasgow	22,7	-	16 - 35
Londres	18,7	-	10 - 33
Helsinki	8,2	-	4 - 22

Se considerarmos que os dispositivos de controle de poluição serão os melhores e que a região de Caçapava não tem o mesmo grau de saturação devido às fontes móveis, apesar da proximidade da via Dutra, quando comparada com São Paulo, vemos que a presença da indústria dificilmente produzirá valores maiores que $20 \mu\text{gPb}/100 \text{ ml}$ de sangue. As avaliações em Jacareí indicam que os valores serão até bem menores.

6.3 - Parecer da Engenharia do Ar

A equipe de engenharia do ar da CETESB houve por bem elaborar um parecer consolidando a fundamentação técnica que a levou a liberar a licença de instalação da FAÉ em Caçapava. Esse parecer está consubstanciado no "Relatório Referente a Instalação da FAÉ S.A. - Indústria e Comércio de Metais no Município de Caçapava", cujo conteúdo caracteriza as condições de segurança para o funcionamento da indústria em foco e conclui ser viável a sua implantação, nas condições do projeto apresentado, obedecidas as exigências técnicas de controle.

7. MONITORAMENTO E ACOMPANHAMENTO EPIDEMIOLÓGICO

O monitoramento da qualidade ambiental tem merecido um cui dado especial da CETESB. Nem sempre, em verdade, tem sido possível o desenvolvimento de estudos epidemiológicos, o que de resto acontece, também, em países dotados de maiores recursos.

Neste caso, para permitir um controle mais rígido, além de servir também de subsídios para ampliar o conhecimento sobre o assunto, é conveniente não apenas implantar o monitoramento do ar como também o acompanhamento epidemiológico.

Nesse sentido, transcrevemos a seguir a conclusão do trabalho de Chumbo: Poluição Ambiental, dos Professores da Faculdade de Saúde Pública da U.S.P. Diogo Pupo Nogueira e Jorge da Rocha Gomes (Anexo IV).

"Conclue-se, portanto, que somente deve ser permitida a ins talação e o funcionamento de fundições de chumbo se houver possibilidade de se evitar a dispersão no ar de partículas de chum bo, especialmente daquelas cujo diâmetro seja menor que 1 μ m. Por isso, as seguintes medidas são aconselháveis:

1. Antes da instalação e funcionamento

- a) Deve-se determinar a concentração do chumbo no ar no local escolhido, em condições normais de trânsito de veículos automotores;

- b) Deve-se levar a efeito uma pesquisa epidemiológica sistemática, medindo-se a concentração de chumbo no sangue e o ácido deltaaminolevulínico urinário de a mostra estatisticamente significativa da população exposta, principalmente de crianças e mulheres grávidas.

2. Depois da instalação e funcionamento

- a) Deve-se determinar periodicamente a concentração de chumbo no ar e no local escolhido. Os valores previamente determinados não devem ser excedidos.
- b) Deve-se repetir periodicamente o estudo biológico da população, sendo que os valores médios determinados anteriormente não devem ser excedidos.

Dessa forma, poder-se-á garantir à população exposta as condições básicas necessárias para que não haja maiores riscos para a saúde."

Essa opinião não é discordante da apresentada pelos Drs. N. Cunha Gonçalves e J. Targino de Araujo (Anexo VI).

8. CONCLUSÕES

A CETESB entende ser válido concluir que:

- a) as condições de segurança exigidas para o funcionamento das indústrias de Caçapava são consideradas satisfatórias, mesmo porque não se pode eliminar todo e qualquer risco, ainda que se as coloque em outro lugar ou, é lógico, a menos que se as considere atividades ilegais;
- b) a zona industrial instituída por Lei Municipal na qual estão localizadas as três indústrias de Caçapava é perfeitamente compatível com os critérios de macro-localização sugeridos por estudos existentes ou aqueles inseridos na legislação em vigor;
- c) no que tange aos critérios de micro-localização, a competência municipal de definição do zoneamento industrial foi respeitada com o fornecimento pelas empresas de documentação da concordância das autoridades municipais, à luz da legislação então em vigor; com o advento da Lei Federal 6.803 de 2/7/80, essa competência passou, em parte, para o estado.
- d) no entanto, a reconsideração de qualquer decisão, ainda que tenha sido isenta de falhas, é possível especialmente quando se trata de atender aos anseios da comunidade, resguardados naturalmente os direitos adquiridos;

- e) não obstante os exemplos citados de estudos epidemiológicos e atendendo as ponderações de diversos estudiosos, deverão ser realizados o monitoramento da qualidade do ar e o acompanhamento epidemiológico na região, como garantia e comprovação operacional dos sistemas de controle de poluentes.

RELATÓRIO DA CETESB SOBRE CAÇAPAVA

TOMO 2 - ANEXOS I A V

São Paulo, 1981

REPROCESSA RESÍDUOS INDUSTRIAIS LTDA.

HISTÓRICO

Em 28/11/77 - O Engº Enéas Oliveira de Siqueira, Gerente da Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) certifica que a área sito à estrada de Caçapava-Velha s/nº, Bairro Campo Grande onde se instalará a empresa Reprocessa Resíduos Industriais Ltda., não é atendida por redes de abastecimento de água e esgoto sanitário (processo nº 01/0232/8).

Em 26/01/78 - A indústria Reprocessa deu entrada na CETESB ao pedido de Licença de Instalação (instalação de novo estabelecimento) processo nº 01/0232/8. Foi juntada ao pedido de LI, certidão da Prefeitura Municipal de Caçapava certificando que a área de propriedade da firma supra encontra-se em Zona de Expansão Urbana. Certifica mais que existem plano diretor e lei de zoneamento. Certifica finalmente que a Prefeitura não tem qualquer objeção quanto a instalação do empreendimento no local pretendido, Caçapava 04/janeiro/78.

Em 19/04/78 - Foi dada pela CETESB a L.I. nº 0003534 (processo nº 01/0232/8) com as seguintes Exigências Técnicas nº 001469:

- 1- Instalar sistema de ventilação local exaustora e equipamento de controle de poluentes adequados para as seguintes operações:
 - a) fusão de sucata de metal em forno cuba;
 - b) calcinação de hidróxido de zinco em forno tunel;
 - c) moagem em moinhos de bolas e desintegrador;
 - d) classificação em peneira vibratória;
 - e) lixiviação com H_2SO_4 na produção de sulfato de zinco;

- f) lixiviação com HCl na produção de cloreto de zinco;
- g) lixiviação com HCl na obtenção de ácido tungstico;
- h) lixiviação amoniacal.

2- De acordo com o artigo 79 do Reg. da Lei Estadual 997/76, aprovado pelo Decreto nº 8468/76 a indústria deverá apresentar dentro de 90 dias, projeto completo de tratamento de águas residuárias a fim de ser apreciado pela CETESB, o qual deverá atender ao disposto no artigo 11 combinado com o artigo 18 do referido Regulamento. O sistema de tratamento deverá estar implantado e em condições normais de operação por ocasião do início das atividades.

Em 01/12/78 - Foi feito o Auto de Inspeção nº 025609. Constatou-se que a firma encontra-se em fase de montagem de equipamento.

Em 19/01/79 - Novo Auto de Inspeção nº 031058 - Indústria em fase de montagem.

Em 25/01/79 - Foi enviada a indústria carta informando que a mesma teria prazo de 15 dias a partir do recebimento da presente para solicitar L.I. e Funcionamento para área da cabine de força e de atividades ao ar livre e a documentação deveria ser apresentada à CETESB de Taubaté. O não cumprimento no prazo estipulado acarretará na aplicação de penalidades previstas na legislação vigente.

Em 12/02/79 - L.I. nº 007595 (processo de nº 03/0034/9.

Em 13/03/79 - Foi dada pela CETESB a Licença de Funcionamento a título precário, conforme fls. 80 do processo 01/0232/8 L.F. nº 002642 arquivada no processo nº 03/0054/9.

Em 04/04/79 - Foi feita vistoria na indústria (Auto de Inspeção nº 034765).

Em 29/03/79 - Foi enviado à CETESB ofício 33/79 da Prefeitura Municipal de Caçapava Ref.= Habite-se e Inscrição Municipal no qual o Diretor de Obras da Prefeitura diz que: O habite-se e consequentemente a inscrição municipal somente poderão ser concedidos quando a CETESB esclarecer num laudo técnico que:

- 1- Os dados relativos aos despejos industriais fornecidos pela empresa, em projeto, estão corretos.
- 2- A indústria instalou, efetivamente todos os dispositivos necessários para reduzir aos mínimos toleráveis, os eventuais efeitos da poluição, inclusive nos córregos que passam no local.

Em 03/05/79 - Auto de Inspeção nº 034589 processo nº 03/034/9.

Em 18/05/79 - Foi enviado a CETESB ofício 1310 da Assembléia Legislativa juntamente com a Indicação nº 242 de 1979 - Assembléia Legislativa (solicitação de reestudos com colaboração de técnicos e autoridades especializadas quanto a instalação das indústrias FAÉ, Reprocessa e A. Tonolli - Município de Caçapava - autoria do deputado Sérgio Morinaga (processo nº 0836/79).

em 03/07/79 - A Reprocessa enviou carta a CETESB esclarecendo sobre a episódio ocorrido em 27 /junho/79 que originou a cassação da Licença de Funcionamento a título precário, na qual faz considerações (fls. 88, 89 e 90 - proc 01/0232/8).

Em 05/07/79 - Foi autorizado o funcionamento precário da Reprocessa pelo Sr. Diretor da DTSA pelo prazo de 30 dias, sem lançamento de nenhum resíduo líquido durante este período.

Para o funcionamento precário, as seguintes medidas foram exigidas:

- 1- De imediato, toda e qualquer tubulação de saída de despejos da fábrica deverão ser inviolavelmente lacradas, assim como as válvulas que dêem acesso a estas saídas.
- 2- Durante o período de funcionamento precário, todas as medidas de segurança, deverão, paulatinamente, irem sendo implantadas e outras medidas de segurança estudadas para posterior implantação.
- 3- Neste mesmo período, além do contido no item "2" deverão ser coletadas amostras do efluente do sistema de tratamento, com a frequência necessária, para avaliar acuradamente a eficiência do sistema instalado.
- 4- Todos os resíduos acumulados e armazenados durante o funcionamento precário deverão ser estudados quanto a suas características poluidoras, quantitativa e qualitativa - mente, e ao final do período, retirados da fábrica para disposição adequada, em local e forma conveniente e devidamente aprovadas pela CETESB.
- 5- A GURT manterá, durante o período, fiscalização constante e permanente na indústria (processo nº 01/0232/8-fls. 92).

Em 10/7/79 - Foi enviada minuta nº 1111/79-GURT a Reprocessa com a deliberação e itens acima citados.

Em 16/07/79 - Novo Auto de Inspeção nº 040623.

Em 10/08/79 - Novo Auto de Inspeção nº 040544 - Constatando-se as estações de tratamento de efluentes líquidos industriais estavam em atendimento à carta do interessado da tada de 09/08/79 protocolada sob nº 0324.

Em 10/08/79 - Foi dada pela CETESB Licença de Funcionamento precário pelo prazo de 2 meses a fim de que possa avaliar as condições das águas residuárias da referida indústria.

O interessado fica ciente de que "caso venha a existir reclamações procedentes da vizinhança com relação à problemas de poluição ambiental causadas pela firma em questão, a mesma deverá saná-los em caráter de urgência.

Em 14/08/79 - Foi efetuada a fusão do processo PRE/0836/79-A ao processo PRE/0836/79.

Em 23/08/79 - A Presidência solicitou o processo PRE/836/79 para ser fundido ao processo PRE/0836/79-A.

Em 15/09/79 - A Reprocessa enviou carta à GURT comunicando a introdução na unidade de Caçapava de uma Estufa Elétrica para secagem de umidade em precipitados. O citado equipamento não implica em nenhuma modificação nas linhas de processo descritas no projeto submetido anteriormente à

CETESB por se tratar de um equipamento elétrico que visa somente evaporar água dos precipitados de paratungstato de amônia e hidróxido de tantalo basicamente não gerará nenhum gás que possa causar poluição ambiental.

Em 24/09/79 - Novo Auto de Inspeção nº 044548 constatando-se que:

- a) a indústria funcionava sem efluentes líquidos ao córrego; sendo que as lagoas não foram impermeabilizadas. As lagoas estavam sendo revestidas de brita para posterior aplicação do piche, os leitos de secagem estavam sendo cercados. A estufa instalada recentemente está localizada junto ao forno cadinho não causando poluição do ar.

Em 09/10/79 - Novo Auto de Inspeção nº 044405 - Funcionamento normal.

Em 11/10/79 - Foi concedida pela CETESB nova Licença de Funcionamento a título precário à Reprocessa, pelo prazo de 1 mês a fim de que se possa avaliar as condições das Águas Residuárias da referida indústria. O interessado fica ciente de que "caso venham a existir reclamações procedentes da vizinhança com relação à problemas de poluição ambiental causadas pela firma em questão a mesma deverá saná-los em caráter de urgência.

Em 25/10/79 - Auto de Inspeção nº 044418 - Na ocasião foi entregue a Licença de Funcionamento a título precário.

Em 08/11/79 - Novo Auto de Inspeção nº 048483.

Em 16/11/79 - Foi concedida pela CETESB outra Licença de Funcionamento a título precário (prazo 6 meses) a fim de avaliar as condições das Águas Residuárias da referida indústria. A presente licença será cancelada caso ocorra lançamentos de efluentes em desacordo com os parâmetros previstos na legislação vigente. Em caso de reclamações a firma deverá sanar os problemas em caráter de urgência.

Em 21/11/79 - Foi entregue a L.F. a título precário à Reprocessa junto ao Auto de Inspeção nº 048488.

Em 25/03/80 - Foi proposto o arquivamento do processo PRE/0836/79 pelo Assessor Especial da DEAR, pois o assunto está sendo tratado através do processo PRE/897/78-M.

Em 24/07/80 - A CETESB recebeu telegrama do Chefe da Casa Civil Dr. Calim Eid, solicitando em nome dos moradores de Caçapava esclarecimentos o porque a firma Reprocessa Resíduos Sólidos Ltda., após o desastre ecológico notificado por todos os jornais, voltou a funcionar nas mesmas condições que funcionava anteriormente (proc. PRE/836/79).

Foi enviado telex resposta ao Sr. Chefe da Casa Civil informando que a firma Reprocessa Ltda. teve sua Licença de Funcionamento suspensa pela CETESB, permanecendo paralizada durante 8 dias e que em 03/07/79 foi deferida pela CETESB solicitação da Reprocessa para funcionar provisoriamente durante 30 dias em condições de lançamento zero de resíduos (telex com cópia para o Sr. Secretário de Obras - processo PRE/836/79).

CETESB - CIA. DE TÉCNICA E CONTROLE AMBIENTAL
BIBLIOTECA

ANEXO II - RELATÓRIO SUCINTO SOBRE A INSTALAÇÃO DA FIRMA
FAÉ S.A. - ENGº PAULO T. HASEGAWA (CETESB)

RELATÓRIO SUCINTO SOBRE A INSTALAÇÃO DA FIRMA FAÉ S/A - INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE METAIS NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA - SP.

Temos a informar:

1. Em 28.06.77 a firma FAÉ S/A - INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE METAIS solicitou através do Processo 3/0093/7, a realização do Estudo de Viabilidade para instalação de suas atividades de metalurgia secundária de metais não ferrosos no município de Caçapava - SP.

A CETESB manifestou-se favoravelmente ao requerido através do Parecer GLI/DLI-1 nº 0511/77 de 21.07.77.

2. Em 31.08.78, a indústria em pauta requereu a Licença de Instalação, através do Processo nº 03/0211/8 para a primeira fase de operação, produzindo 2.000 toneladas por mês de chumbo, utilizando-se basicamente de 2 fornos rotativos e 5 fornos tipo cadinho.

Foi concedida em 18.09.78 a Licença de Instalação nº 5.605, fazendo parte integrante a Exigência Técnica nº 3.077, que exigia, na parte referente à poluição do ar, o seguinte: "instalar adequado sistema de controle de poluição do ar para as operações de:

- fusão de placas, barras, terras de antimoniato de chumbo em fornos rotativos,
- refino e preparo de ligas de chumbo em fornos cadinho."

3. Em 18.06.79 foi expedida a carta DTSA-586/79 explicitando as exigências a serem cumpridas pela firma em pauta (cópia em anexo).
4. Em 16.10.79, a FAÉ S/A. através de carta endereçada a esta Companhia, propõe seja concedido permissão para funcionamento da sua primeira fase, com produção de 2.000 t/mês de chumbo a fim de experiências, sem o cumprimento integral das exigências da CETESB, ou seja,

controlar somente a emissão de material particulado através do uso de filtros de tecido.

5. Com referência a proposição apresentada, cumpre-nos informar o seguinte:

5.1. Foi exigido o controle de 85% para dióxido de enxofre e 99% para o material particulado emitidos pelo processo de fusão de chumbo em fornos rotativos e uma altura efetiva das chaminés não inferior à 50 metros, tendo em vista o alto potencial poluidor das referidas fontes.

5.2 Com referência à proposição de funcionar nesta fase com produção de 2000 toneladas/mês de chumbo, apresentamos os seguintes dados:

Tabela 1: Fatores de emissão para fundição secundária de chumbo

Tabela 2: Estimativa de emissão da FAÉ S/A - CAÇAPAVA para produção de 2000 toneladas/mês de chumbo

Tabela 3: Dispersão atmosférica - concentrações de material particulado e dióxido de enxofre.

6. Conclusão

Da análise dos dados constantes da Tabela 3, podemos concluir que:

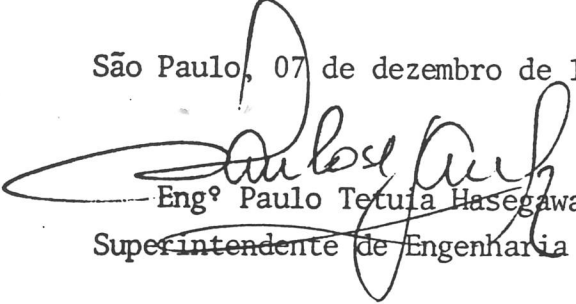
6.1. Considerando que haverá controle de material particulado através do uso de filtros de tecido, as concentrações deste poluente à diversas distâncias são aceitáveis para as condições estabelecidas.

6.2. Ao considerarmos um controle de 85% das emissões de dióxido de

enxofre provenientes dos fornos rotativos, as concentrações deste poluente, também apresentam níveis aceitáveis, contudo, concentrações muito elevadas podem ser constatadas no caso de não haver controle.

- 6.3. Do exposto, somos de opinião que devam ser mantidas as exigências da CETESB, condicionando o início das atividades ao cumprimento integral das mesmas.

São Paulo, 07 de dezembro de 1979.


Engº Paulo Tetui Hasegawa
Superintendente de Engenharia do Ar


De acordo.


07/12/79

TABELA 1: FATORES DE EMISSÃO - FUNDIÇÃO SECUNDÁRIA DE CHUMBO - VALORES MODAIS

FONTE POLUIDORA	MATERIAL PARTICULADO		DIÓXIDO DE ENXOFRE	
	EMIS. POTENC. (S/ CONTROLE)	EMIS. REAL (C/ FILTROS = 99%)	EMIS. POTENC. (S/ CONTROLE)	EMIS. REAL (C/ FILTROS = 99%)
FORNO ROTATIVO PARA CHUMBO MOLE	35	0,35	40 (*)	6
FORNO ROTATIVO PARA CHUMBO DURO	35	0,35	26,5 (**)	4

Todas as emissões expressas em Kg de poluente por tonelada de metal carregado no forno.

(*) - Assumido igual ao forno reverbero face ao caráter oxidante da atmosfera do forno.

(**) - Assumido igual ao forno Cubilot face ao caráter redutor da atmosfera do forno.



CETESB

TABELA 2: ESTIMATIVA DE EMISSÕES DA FAÉ S/A - CAÇAPAVA. PRODUÇÃO DA 1ª FASE:
2 000 t/mês DE CHUMBO (Kg/DIA) (*)

	MATERIAL PARTICULADO		DIÓXIDO DE ENXOFRE	
	SEM CONTROLE	COM CONTROLE = 99%)	SEM CONTROLE	COM CONTROLE = 99%)
1 FORNO ROTATI VO (CHUMBO MO LE)	1 226	12,3	1 402	210
1 FORNO ROTATI VO (CHUMBO DU RO)	2 135	21,4	1 617	242
ÓLEO COMBUSTÍ- VEL (MIST.25-3,5%S)	51	0,5	1 237	186
TOTAL	3 412	34,1	4 256	638

(*) - Os fornos funcionarão 16 horas por dia.

TABELA 3: DISPERSÃO ATMOSFÉRICA - FAÉ S/A - CAÇAPAVA - MATERIAL PARTICULADO E DIÓXIDO DE ENXOFRE PARA AS CONDIÇÕES MAIS DESFAVORÁVEIS.
CONCENTRAÇÃO (MÉDIA DE 24 HORAS) EM MICROGRAMAS POR METRO CÚBICO.

POLUENTE DISTÂNCIA (m)	MATERIAL PARTICULADO		DIÓXIDO DE ENXOFRE			
			COM CONTROLE (85%)		SEM CONTROLE	
	CAT D	CAT A	CAT D	CAT A	CAT D	CAT A
50	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.
100	Desp.	0,10	Desp.	2,0	Desp.	13,0
200	Desp.	3,53	Desp.	73,6	Desp.	490,7
300	Desp.	3,86	0,2	72,5	1,1	483,2
500	0,70	1,72	13,1	32,3	87,4	215,7
1 000	3,07	0,24	58,0	4,5	386,9	29,9
1 200	3,01	0,14	56,6	2,6	377,4	17,5
1 500	2,74	0,07	51,6	1,3	343,9	9,0
2 000	2,24	0,03	41,9	0,6	279,6	3,9
3 000	1,49	Desp.	28,0	Desp.	186,2	1,2
4 000	1,05	Desp.	19,9	Desp.	132,3	0,5
6 000	0,64	Desp.	11,7	Desp.	77,9	Desp.
10 000	0,30	Desp.	5,7	Desp.	37,9	Desp.

Estimativas feitas para condições de dispersão nas categorias A e D de Pasquill

- Altura Efetiva da Chaminé = 50 m
- Emissão de Material Particulado com controle (99%) = 0,59 g/s
- Emissão de Dióxido de Enxofre com controle (85%) = 11,08 g/s
- Emissão de Dióxido de Enxofre sem controle = 73,87 g/s
- Velocidade do vento = 3 m/s

ANEXO III - WHO - TRADUÇÃO DE PARTE DOS CRITÉRIOS
DE SAÚDE AMBIENTAL - CHUMBO

BIBLIOTECA DE MEDICINA E SAÚDE
BIBLIOTECA

CRITÉRIOS DE
SAÚDE AMBIENTAL 3

CHUMBO

Publicado sob o patrocínio
conjunto do Programa Ambiental
das Nações Unidas e da Organi-
zação Mundial da Saúde.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - GENEBRA 1977

Este relatório contém os pontos de vista coletivos de um grupo internacional de especialistas e não representa necessariamente as decisões nem a política estabelecida da Organização Mundial da Saúde nem do Programa das Nações Unidas.

CRITÉRIOS DE SAÚDE AMBIENTAL 3

CHUMBO

PUBLICADO SOB O PATROCÍNIO CONJUNTO DO PROGRAMA AMBIENTAL DAS NAÇÕES UNIDAS E DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE GENEVRA 1977

1.1.4 - Estudos experimentais sobre os efeitos do chumbo

Os longos estudos realizados em animais referentes aos efeitos biológicos do chumbo indicam que, com raras exceções, os fenômenos tóxicos que foram observados no homem foram tam bém reproduzidos com sucesso nos animais. Embora os estudos em animais tenham propiciado um conhecimento mais profundo dos efeitos do chumbo do que poderia ser adquirido a partir de es tudos no próprio homem, eles não têm sido muito usados na elucidação da relação dose-efeito e dose-resposta no homem.

As principais diferenças que foram observadas são as seguintes: ocorreu o aparecimento de tumor benigno e maligno em ratos e camundongos expostos ao acetato de chumbo e em ratos expostos ao sub-acetato de chumbo e fosfato de chumbo, mas não foram observados efeitos carcinogênicos no homem; (2) evidentes reduções na fertilidade foram detectadas em animais experi mentais, mas não no homem, embora tenham sido coligidos dados que sugerem que isso possa ocorrer; (3) observaram-se hiperativi dade e outros distúrbios comportamentais em ratos, camundongos e carneiros sem encéfalopatia anterior. Isto é particularmente importante por causa das suspeitas atuais de que pequenos danos cerebrais ocorrem em crianças sujeitas a exposições relativamente baixas não precedidas por encéfalopatia. Também existe evidência de aumentos compensatórios em ALAD em animais sujeitos a exposições contínuas ao chumbo, ao passo que todos os estudos em seres humanos, até agora, foram negativos neste particular.

1.1.5 - Estudos clínicos e epidemiológicos sobre os efeitos do chumbo: Avaliação do risco de saúde ao homem provenien te da exposição ao chumbo.

Os estudos dos efeitos do chumbo no homem podem ser di vididos em dois tipos gerais. O primeiro tipo é o estudo re trospectivo das causas da mortalidade em populações expostas

ao chumbo em contraste com grupos de controle semelhantes. Diversos estudos demonstraram que a altos níveis de exposição ($Pb-B > 80 \mu g/100 \text{ ml}$) ocorreu um número de mortes levemente mais alto devido a doenças cerebrovasculares e nefrites crônicas. Em um estudo, onde se observou uma taxa de mortalidade devida ao câncer, não se encontraram diferenças estatisticamente significativas entre os trabalhadores expostos nas indústrias e o grupo de controle.

O segundo tipo de estudo refere-se aos coeficientes de morbidez em razão dos efeitos do chumbo sobre sistemas e órgãos específicos. Em alguns casos tem sido possível estimar o nível de carga (ônus) corpórea trocável (expresso em $Pb-B$) no qual tem se observado uma certa intensidade de efeito (relação dose-resposta) em certas seções de um grupo selecionado. Quanto a outros efeitos, somente tem sido possível especificar o nível de $Pb-B$ no qual não se observou efeito algum em grupos razoavelmente grandes de pessoas (nível de efeito não detectado).

O sistema hematopoiético revela efeitos a níveis mais baixos de $Pb-B$ do que qualquer outro sistema. Os efeitos, em ordem de sensibilidade, são: inibição da eritrocite ALAD, elevação da protoporfirina eritrocita IX (FEP), elevação em ácido δ -aminolevulinico (ALA) na urina e excreção de coproporfirina (CP) inibição do trifosfatase adenosina sódio-potássio eritrocita (EC 3.6.1.3) (Na-K-ATP'ase) e queda no nível de hemoglobina. Uma queda no nível de hemoglobina é uma indicação de efeitos adversos. O nível de efeito não detectado é uma concentração de $Pb-B$ equivalente a $50 \mu g/100 \text{ ml}$ em adultos e $40 \mu g/100 \text{ ml}$ em crianças.

Os efeitos do chumbo inorgânico sobre o sistema nervoso central tem sido intensamente investigado nos últimos anos, especialmente no que diz respeito aos efeitos sutis sobre o comportamento, principalmente em crianças, mas também, até certo ponto, em adultos. Permanecem dúvidas substanciais quanto a

validade de certos estudos porque a relação entre a exposição ao chumbo na ocasião em que o dano ocorre e a época em que os efeitos são observados pela primeira vez não é conhecida. Não obstante isso, um nível de efeito não detectado foi especificado e é inferior ao de encéfalopatia plúmbea clássica. Estima-se que o efeito não detectado atinja valor de Pb-B de cerca de 60- 70 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ para adultos e de aproximadamente 50-60 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ para crianças.

Os efeitos renais do chumbo são de dois tipos gerais. O primeiro é tubular, caracterizado pelo triade de Falconi: aminoaciduria; hiperfosfaturia e glicosuria. Ocorre com exposição de prazo relativamente curto e é reversível. O segundo tipo de efeito renal é caracterizado anatomicamente por alterações escleróticas e fibrose intersticial. Funcionalmente, a capacidade de filtração é reduzida. Estas alterações são de uma natureza progressiva e pode levar a uma deficiência renal. É provável que as exposições que levam a este tipo de nefropatia são raramente encontradas mesmo da indústria hodiera. Um nível de efeito não detectado não pode ser especificado.

O problema dos efeitos tóxicos do chumbo alquil é quase inteiramente restrito a trabalhadores que são expostos ocupacionalmente. Há muito pouca informação referente a relação dose-efeito e dose-resposta e mesmo a frequência de ocorrência dos efeitos tóxicos e sua relação com as atividades de trabalho específicas não se encontra bem documentada.

RELATÓRIO DA CETESB SOBRE CAÇAPAVA

SUMÁRIO

TOMO 1

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. HISTÓRICO E DADOS INDUSTRIAIS	4
3. A TOXICIDADE DO CHUMBO	16
4. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE MACRO-LOCALIZAÇÃO	18
5. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE MICRO-LOCALIZAÇÃO	22
6. CONDIÇÕES DE SEGURANÇA PARA O FUNCIONAMENTO DAS IN- DÚSTRIAS	27
7. MONITORAMENTO E ACOMPANHAMENTO EPIDEMIOLÓGICO	31
8. CONCLUSÕES	33

ANEXOS

TOMO 2

- I - CRONOLOGIA DOS PROCESSOS DE LICENCIAMENTO.
- II - RELATÓRIO SUCINTO SOBRE A INSTALAÇÃO DA FIRMA FAÉ S.A. - Engº PAULO T. HASEGAWA (CETESB).
- III - OMS - TRADUÇÃO DE PARTE DOS CRITÉRIOS DE SAÚDE AMBIENTAL CHUMBO.
- IV - CHUMBO - POLUIÇÃO AMBIENTAL. Prof. DIOGO PUPO NOGUEIRA E Prof. JORGE DA ROCHA GOMES (FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA DA USP).
- V - NÍVEIS DE CHUMBO E ATIVIDADES DO ÁCIDO δ - AMINOLEVULINI-CODESIDRATASE NO SANGUE DA POPULAÇÃO DE SÃO PAULO (BRASIL). Dra. NILDA A.G.G. DE FERNÍCOLA E Dr. FAUSTO ANTONIO DE AZEVEDO (CETESB).

TOMO 3

- VI - TRANSCRIÇÃO DE PALESTRAS E PRONUNCIAMENTOS DOS REPRESENTANTES DE CAÇAPAVA - REUNIÃO DE 14/07/80.
- VII - O SÍTIO E A LOCALIZAÇÃO DAS INDÚSTRIAS. Engº DEMÉTRIO CABRAL JÚNIOR (CETESB).
- VIII - CERTIDÕES DA PREFEITURA MUNICIPAL DE CAÇAPAVA E LICENÇAS DE INSTALAÇÃO E DE FUNCIONAMENTO.
- IX - ATAS E PRESENÇA ÀS REUNIÕES DA COMISSÃO DE ESTUDOS SOBRE A INSTALAÇÃO DE INDÚSTRIAS EM CAÇAPAVA.

TOMO 4

- X - LEGISLAÇÃO
- XI - CENÁRIO DE MACRO-ZONEAMENTO SUGERIDO PELA CEEIVAP.
- XII - RELATÓRIO TÉCNICO QUALIDADE DO AR EM CAÇAPAVA.
- XIII - MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO DOS SISTEMAS DE CONTROLE DE POLUENTES DA FAÉ - CAÇAPAVA.

ANEXO I - CRONOLOGIA DOS PROCESSOS DE LICENCIAMENTO

FAË S/A.

HISTÓRICO

Em 25/04/77 - Foi lavrado um Auto de Infração - Imposição de Penalidade de Advertência contra a FAË S/A., concedendo prazo de 90 dias para a firma sanar o problema de poluição (Fábrica de São Bernardo).

Em 28/06/77 - A firma FAË S/A. solicitou Viabilidade de Instalação para uma indústria de recuperação de metais (chumbo, alumínio, bronze e antimônio) em zona rural, local considerado pela Prefeitura Municipal de Caçapava como zona industrial futuramente, conforme Certidão de fls. 37 constante no processo nº 03/0093/7.

Em 19/07/77 - Foi realizada vistoria no local para verificar a ocupação existente nas proximidades, tendo o mesmo sido considerado bom para a instalação da indústria, face a baixíssima densidade de ocupação existente no local e a inexistência de efluentes líquidos industriais (fls. 42 e 43 do processo nº 03/0093/7).

Em 21/07/77 - Foi exarado o parecer GLI/DLI-1 nº 0511/77 favorável a instalação da firma no local, tendo sido ressaltado que a mesma deveria requerer a Competente Licença de Instalação prevista no Regulamento da Lei 997/76 (Decreto 8468/76), ocasião em que seriam formuladas as exigências técnicas de controle de poluição ambiental, conforme fls. 44, 45 e 46 do processo nº 03/0093/7.

Em 10/08/77 - Face ao não cumprimento das exigências técnicas a FAÉ S/A. de São Bernardo do Campo foi multada.

Em 04/11/77 - Foram lavrados mais sete autos de infração, concedendo novos prazos para sanar as irregularidades contidas (Fábrica de São Bernardo).

Em 12/12/77 - A indústria apresentou documentação para análise nesta Cia., solicitando anulação das Exigências Técnicas anteriores, bem como a aprovação do cronograma de transferência de suas atividades para o município de Caçapava.

A CETESB manteve as exigências anteriores, ou seja, a instalação de equipamentos de controle e recuperação dos equipamentos já existentes e que se encontram inoperantes (Fábrica de São Bernardo).

Em 22/05/78 - Foi enviado a CETESB ofício nº P-762/78 da Câmara Municipal de São Bernardo do Campo nº 112/78 (autenticada) de autoria do Edil Leonildo Freitas Magdalena, tratando do assunto da transferência das instalações da FAÉ S/A. para outro local (Moji das Cruzes) processo nº PRE-897/78.

Em 31/08/78 - A FAÉ S/A. solicitou Licença de Instalação para produção de chumbo mole (900 t/mês) e chumbo duro (2.100 t/mês) a partir de placas de baterias usadas e outras sucatas (Caçapava).

Em 18/09/78 - Após as análises das fontes de poluição da indústria, foi emitida a Licença de Instalação nº 5605 (fls. 107 do processo nº 03/0211/8) com as seguintes exigências técnicas a serem cumpridas antes do início de funcionamento (Fábrica de Caçapava):

- 1) Instalar adequado sistema de controle de poluição do ar para as operações de:
 - a- fusão de placas, borras, terras de antimoniato de chumbo em fornos rotativos;
 - b- refino e preparo de ligas de chumbo em fornos cadinho.
- 2) Os esgotos sanitários da firma devem ser tratados e dispostos de acordo com a norma NB-41 da ABNT. O sistema de tratamento e disposição deverá estar descoberto para fins de vistoria da CETESB, por ocasião da Licença de Funcionamento.

Em 10/01/79 - 22/01/79 - 14/03/79 - 14/05/79 e 11/06/79 foram efetuadas novas vistorias constatando-se apenas instalação de um novo lavador de gases que funciona paralelo com o já existente, visando melhorar (Fábrica de São Bernardo).

Em 23/02/79 - A CETESB recebeu ofício nº 01/79 da Câmara Municipal de Caçapava solicitando informações sobre a poluição que a indústria FAÊ S/A. possa vir causar (minuta resposta em 07/3/79).

Em 07/03/79 - O deputado estadual Almir Pazzianotto Pinto enviou ofício a Assembléia Legislativa AP-18/79, solicitando informações sobre a instalação da Ind. FAÊ S/A, em Caçapava. Em anexo foi juntado um abaixo assinado da população contendo 99 fls. (processo PRE/897/78). (Minuta resposta nº 290/79 PRE em 10/04/79).

Em 07/03/79 - A Câmara Municipal de Caçapava enviou ofício nº 05/79-CE a CETESB, como adendo ao ofício nº 01/79-CE.

Em 28/03/79 - A Câmara Municipal de São Bernardo do Campo enviou ofício nº P-575 com cópia do Requerimento nº 33/79, no qual solu

cita ação rigorosa da CETESB para com a Ind. FAÉ S/A. (minuta resposta em 25/04/79 e parecer AJUR nº 115/79)

Em 04/04/79 - Foi enviada carta do Ministério do Exército - 12ª Brigada de Infantaria solicitando a CETESB informações sobre o índice de poluição causado pela FAÉ, uma vez que o Exército irá iniciar obras próximas, para instalação do seu Q.G. (minuta resposta em 15/06/79 sob nº 0564/79 PRE) (Fábrica de Caçapava).

Em 24/04/79 - A Câmara Municipal de Caçapava enviou ofício nº 129/79 com cópia do requerimento nº 147 e 168/79, solicitando informações da CETESB para que possam concluir os seus trabalhos da Comissão de Estudos, criada por aquele órgão.

Em 23/04/79 - Ofício nº P-748/79 da Câmara Municipal de São Bernardo do Campo solicitando informações quanto às providências concretas tomadas para conter a ação poluidora da FAÉ S/A. Mais cópia do Req. 112/78 reiterando a solicitação feita no Req. 228/75.

Em 08/05/79 - Mensagem do Povo de Caçapava com ofício da Prefeitura Municipal e cópia do Requerimento nºs 181 e 197/79.

Em 18/06/79 - As E.T. foram completadas pela carta DTSA/586/79 com:

- a- instalar equipamentos de controle para composto de enxofre nos fornos de recuperação de chumbo, com eficiência mínima de 85%. De preferência por sistema a seco;
- b- instalar sistema específico de segurança para prevenir emissões maciças devido a eventual rompimento de mangas do filtro (filtros em paralelo);

- c- no caso de rompimento de mangas deverá haver parada imediata do processamento industrial;
- d- instalar equipamentos adequados e invioláveis do monitoramento contínuo de partículas e dióxido de enxofre em todas as chaminés;
- e- instalar sistema de tratamento completo de eventuais resíduos líquidos provenientes do sistema de controle de compostos de enxofre, sendo que o efluente, mesmo tratado, não deverá ser enviado a cursos de água para consumo animal ou para irrigação;
- f- a altura efetiva de qualquer chaminé não deverá ser inferior a 50 m;
- g- os equipamentos de controle de partículas dos fornos de chumbo deverão ter eficiência mínima de 99% em peso;
- h- todos os sistemas de controle de poluição a serem instalados deverão ser previamente aprovados pela CETESB;
- i- a Licença de Funcionamento da CETESB só será concedida após verificação prática da eficiência dos sistemas de controle de poluição instalados (Fábrica de Caçapava).

Em 18/06/79 - A DTSA-CETESB enviou a FAÉ S/A., minuta com informações para serem juntadas as E.T. nº 003077 sob nº DTSA-586/79.

Em 05/03/80 - A FAÉ solicitou a Licença de Funcionamento (Proc. nº 03/0089/0) argumentando que a necessidade da mesma era para que a Light fizesse a ligação da Força-Trifásica (440 V) para testar todas as ligações, motores, painéis, programadores eletrônicos, válvulas e equipamentos de utilidade, tendo a mesma ressaltado que os testes de produção só seriam iniciados em 30 de junho/80 (Fábrica de Caçapava).

Em 10/03/80 - A Presidência da CETESB recebeu ofício do Ministério do Exército, 12ª Brigada de Infantaria, solicitando informações se a CETESB mantém o parecer emitido através do ofício nº 0564, ou se novos estudos modificaram o referido parecer (Fábrica de Caçapava).

Em 13/03/80 - (Fábrica de Caçapava) Nova vistoria na firma constatando-se:

- a- a edificação encontra-se em fase final de construção;
- b- parte dos equipamentos já estavam instalados quais sejam:
 - 02 (dois) fornos rotativos
 - 03 (três) fornos cadinho
 - 02 (dois) compressores
 - 01 (uma) esteira transportadora
 - 01 (uma) ponte rolante com capacidade de 7 toneladas
- c- com relação a sistema de controle de poluição:
 - . encontram-se instalados 2 conjuntos de filtro manga para controle de material particulado, sendo um para a fusão em fornos rotativos e outro para a carga e descarga dos fornos rotativos e fornos cadinhos;
 - . não havia sido instalado equipamento de controle de emissão de dióxido de enxofre;
 - . o sistema de exaustão de fases ainda não estava terminado;
 - . foi construída uma chaminé com aproximadamente 50 m de altura;
 - . não havia sido instalado filtros em paralelo como sistema de segurança para prevenir emissões maciças por rompimento de filtros manga;
 - . encontra-se instalado comando elétrico que desligado os marçaricos dos fornos caso a temperatura dos gases nos filtros manga atinja temperatura superior a 115°C;
 - . não havia sido instalado equipamentos de monitoramento contínuo de partículas de dióxido de enxofre;

. a fossa séptica e as valas de infiltração para os efluentes sanitários encontram-se em fase final de implantação; Até a presente data, a FAÉ não apresentou os projetos de controle de poluição do ar à CETESB.

Em 08/04/80 - A CETESB comunicou à FAÉ (carta SADL/023/80 de 19/03/80) que: Face ao não cumprimento integral das exigências técnicas da CETESB não será concedida a Licença de Funcionamento, mesmo em caráter precário (Fábrica de Caçapava).

Em 13/06/80 - Foi enviado pelo Sr. Diretor da DEAR minuta resposta nº PRE-958/80 em resposta ao ofício nº 0564/79-PRE solicitando aguardo de manifestações para fins de julho, uma vez que representantes da cidade de Caçapava juntamente com técnicos da CETESB constituíram um grupo de trabalho sob a coordenação do Engº Camal A.S. Rameh - Diretor de Engenharia e Ação Regional da CETESB, para estudar o assunto. Devendo concluir os trabalhos em 45 dias.

Em 23/06/80 - A FAÉ enviou carta à CETESB (ref. Licença de funcionamento proc. 03/0232/0 e 03/0089/0) na qual solicita informações quanto a liberação da Licença de Funcionamento uma vez que pretendem iniciar os trabalhos. Caso haja necessidade de nova inspeção, a FAÉ solicita que seja marcada data urgente para não retardar a liberação da licença, o que irá causar a paralização de São Bernardo do Campo.

Em 09/07/80 - Foi elaborada minuta resposta pela DEAR/nº 95/80 dizendo que o pedido não poderá ser atendido nesta oportunidade por não ter sido aprovado pela CETESB (carta DEAR/nº 94/80) o projeto relativo aos sistemas de controle de poluentes atmosféricos, em atendimento as Exigências Técnicas nº 003077, complementada pela carta DTSA/586/79 de 18/06/79, parte integrante da

CETECB - CIA. DE TÉCNICA E CONSERVAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

8.

Licença de Instalação nº 05605 de 18/09/78 (proc. nº 03/0232/0.

A. TONOLLI S/A - INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE METAIS

Histórico:

Em 03/12/74 - A Indústria A. TONOLLI S/A., requereu da CETESB, aprovação do Projeto da construção de uma nova fábrica de lingotes de chumbo em Jacareí - São Paulo; 3.340 t/mês de lingotes de chumbo puro.

Em 19/02/75 - A CETESB vistoriou o local e as obras (fase de estaqueamento);

Em 26/02/75 - Nova visita; Relatório nº 1.305;

Em 16/04/75 - Foi enviado aos diretores da firma A. TONOLLI S/A., Ofício E.P./D-PAR nº 27/75-CETESB, com cópia do Parecer nº 98/75 D-DAR, exarado por aquela diretoria em atendimento ao Processo nº 4576/74, referente ao pedido de aprovação de plantas, cientificando-os das exigências da Superintendência (Parecer contido no Processo nº 03/0048/7 - fls. nºs 19 e 20);

Em 01/11/75 - Relatório de Visita nº 1381; constatou-se que foi executada a fossa e poço sumidouro para os esgotos domésticos da produção. O prédio da Administração ainda não foi iniciado (haverá também uma fossa e poço absorvente);

Em 20/01/75 - A Prefeitura Municipal de Jacareí expediu Alvará sob o nº 981/75 (Processo nº 03/048/7), para construir o imóvel à Rua D. Pedro I, Km 55, constante do Projeto registrado na Prefeitura sob nº 04592;

Em 01/07/76 - Obras em fase final de execução. Relatório de Visita nº 05891;

Em 08/11/76 - Auto de Inspeção nº 01136; fase final de construção, pretendendo o início do funcionamento em março/abril de 1977;

Em 17/12/76 - Novo Auto de Inspeção nº 07033. Obras em andamento;

Em 25/04/77 - Conforme Memorando nº DRE/022/77, Processo-03/0048/7, no qual solicitam à Firma A.TONOLLI que seja paga a diferença de Cr\$ 20.789,22 (vinte mil, setecentos e oitenta e nove cruzeiros e vinte e dois centavos) pois foi constatado que o valor cobrado para emissão da Licença fora de Cr\$ 12.294,00 - (doze mil, duzentos e noventa e quatro cruzeiros), quando de fato deveria ser de Cr\$ 33.083,22 (trinta e três mil, oitenta e três cruzeiros e vinte e dois centavos), por ter deixado de considerar as áreas de 50.000 m² e 10.000 m² referentes ao aterro sanitário de resíduos sólidos domésticos e aterro sanitário de resíduos sólidos industriais;

Em 24/05/77 - Foi dada pela CETESB a Licença de Funcionamento nº 0047 (Processo nº 03/0048/7), válida por 6 (seis) meses (Jacareí);

Em 16/08/77 - Nova Licença de Funcionamento nº 0138 (Jacareí);

Em 31/10/77 - Foi expedida a Licença de Instalação nº. 001872 - A.TONOLLI (Estrada da Germana, Km 3,3 - Caçapava, com as seguintes Exigências Técnicas:

- 1º) Instalar sistema de ventilação local exaustora e equipamentos de controle de poluentes, cujas características e eficiências deverão ser aquelas citadas no plano de controle de poluição do ar apresentado para as seguintes operações:
 - a) moagem de escória em moinho de bolas (conjunto

KRUPP)

- b) secagem de cavacos em secador rotativo à óleo.
- c) moagem de sucata contendo ferro em moinho de anéis.
- d) granulação de escória em granulador.
- e) fusão em fornos rotativos revêrberos.
- f) fusão em fornos elétricos.
- g) ponto de transferência de materiais pulverulentos, entre os diversos equipamentos de processamento industrial.

OBS.: Os tipos e posicionamentos dos captores e as velocidades de captura deverão ser adequados, a fim de assegurar uma perfeita captação dos poluentes.

- 29) Instalar sistema de ventilação local exaustora e equipamentos de controle de poluentes para material particulado (filtro manga ou equivalente) provenientes da separação de alumínio e ferro em forno rotativo basculante.
- 39) Os sistemas de transporte de materiais pulverulentos deverão ser adequados enclausurados.
- 49) O sistema de disposição dos despejos líquidos sanitários deverá ser executado de acordo com a NB-41 da ABNT, devendo estar concluído antes do início das atividades do empreendimento.
- 59) A distância entre o poço de abastecimento e os sistemas de disposição dos despejos líquidos sanitários deverão ser de no mínimo 30 (trinta) metros. (PROC. PRE/837/79).

Em 18/10/78 - Novo Auto de Inspeção nº 025552;

Em 12/01/79 - Foi dada Licença de Funcionamento nº....

002294 (Processo nº 03/0048/7 - Jacareí);

Em 19/01/79 - Foi concedida a Licença de Funcionamento nº 002294 pela CETESB, em caráter precário (Jacareí);

Em 10/03/79 - A Folha de Caçapava entrevista a população que sofre os danos da poluição; fazendo reportagem sobre o assunto e protestando ao mesmo tempo com as futuras instalações da FAÉ (recorte do Jornal no Processo nº 03/0151/7);

Em 16/04/79 - Auto de Inspeção nº 034533, Caçapava, encontra-se em fase de construção civil;

Em 07/05/79 - Foi efetuado um Auto de Inspeção nº. 035577. Não foram constatados odores;

Em 18/05/79 - Foi enviado à CETESB Ofício nº 1310, com a Indicação nº 242/79, da Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo solicitando medidas preventivas à catástrofe que está por vir para Caçapava.

Em 28/05/79 - A Secretaria de Obras e Meio Ambiente solicita estudos referentes a instalação das Indústrias FAÉ S/A, REPROCESSA - Resíduos Industriais e A.TONOLLI, no Município de Caçapava (PROT. ATL/599/79);

Em 24/08/79 - Novo Auto de Inspeção nº 0044527, Caçapava; foram vistoriadas as instalações das obras da Indústria A. TONOLLI;

Em 26/10/79 - Foi sugerido pela Divisão de Apoio às Regionais, ao Sr. Superintendente, que fosse encaminhado o Processo nº PRE/837/79 à SUAL para apreciação dos dados fornecidos pela GURT e posterior formalização de resposta à Assembléia Legislativa, na mesma data foi enviado o presente processo à DEAR e posteriormente, à DEAM;

Em 25/06/80 - Foi encaminhada minuta resposta ao Sr.

Engº Arnaldo A.S. Tassinari, Chefe do Serviço do Setor de Registro e Informações Legislativas, contida no Processo PRE/837/79.

1.2.5 - Significância dos efeitos biológicos

Foram identificadas numerosas anormalidades, cujo significado tóxico é obscuro; ex: erétrocito pp livre elevado e inibição do ALAD eletrocito marginal. Existe necessidade urgente de se estudar o significado destas descobertas em relação a saúde humana.

3.1.4 - Ar

A concentração atmosférica do chumbo avaliada nos lugares mais remotos da civilização é da ordem de 0.0001 - 0.001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Junigan et al. 1971; Chow et al. 1969; Egororov et al. 1970; Murizumi et al. 1969). Os locais de amostras nestes estudos situavam-se principalmente em áreas remotas sobre os oceanos e sobre a Groenlândia. Patterson (1965) estimou, a partir de dados geo-químicos que a concentração de chumbo no ar de origem natural é de aproximadamente 0.0006 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se essa for uma estimativa correta, mesmo o ar em áreas desabitadas, remotas e continentais podem ser contaminadas por atividades humanas. Por exemplo, Chow et al. (1972) comunicaram que a concentração do chumbo no ar em montanhas remotas, desabitadas no sudoeste da Califórnia tinha uma concentração de 0.008 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.1.6 - Contaminação ambiental de fontes naturais

A contribuição de fontes naturais de chumbo para a concentração de chumbo no ambiente é pequena no tocante a exposição do homem, estas fontes são desprezíveis. Através de vários processos de ruptura, as rochas produzem chumbo que é transferido a biosfera e a atmosfera e finalmente retorna a crosta terrestre na forma de rochas sedimentares. O chumbo solúvel tem penetrado nos oceanos durante milhares de anos através das descargas fluviais e a quantidade foi estimada por Patterson (1965) em torno de 17.000 toneladas por ano. As fontes que contribuem para o chumbo em suspensão no ar são as poeiras de silicato, aerossóis halogênicos vulcânicos, fogos em florestas, aerossóis de sais marinhos, meteoritos e fumaça meteorítica e chumbo proveniente da decomposição do radônio. A última fonte mencionada gera o isótopo de chumbo ^{210}Pb em quantidades de traço, o seu tempo de residência média no ar foi calculado em cerca de quatro semanas; a meia-vida radioativa é de 22 anos (Hill, 1960).

5. EXPOSIÇÕES E NÍVEIS AMBIENTAIS

No capítulo anterior, descreveu-se o padrão geral do transporte ambiental e distribuição de chumbo. Este capítulo trata mais especificamente das diferentes circunstâncias sob as quais as pessoas são expostas ao chumbo até um grau que pode ser perigoso a sua saúde.

5.1 - Exposição da População em Geral

A população em geral é exposta ao chumbo através da ingestão de alimentos, de água e pela inalação. Além disso, as crianças são também expostas pela ingestão de itens que não são alimentos e aqueles que trabalham em indústrias de chumbo sofrem exposição além e acima de suas exposições como membros da população em geral. Estas categorias de exposição serão consideradas separadamente.

5.1.1 - Ar

As mais altas concentrações no ar ambiente são encontradas nos centros populacionais densos. Quanto maior a cidade, mais alta será a concentração de chumbo no ar ambiente. À medida que nós nos distanciamos do centro da cidade, a concentração cai progressivamente. Quanto às estações urbanas, tem-se verificado uma concentração média de $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$; quanto as estações não urbanas (próximas às cidades) a média foi de $0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$; quanto às estações mais retiradas, foi de $0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e no tocante às áreas remotas $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (McMullen et al. 1970). O ar sobre ruas de tráfego pesado continha mais chumbo do que o ar sobre ruas de tráfego leve, e consideravelmente mais que o ar ambiente de áreas rurais.

Neste quadro há um padrão bem claro: as áreas não urbanas indicam menos que $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto que nos locais urbanos encontram-se valores que vão de 1 a $5-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Os níveis mais altos foram registrados nas auto-estradas durante as horas de pico, $14-25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO Expert Committee, 1969).

Os resultados de um monitoramento contínuo de 1971-72, em 27 cidades européias, através de 43 estações de amostragens uniformes são sumariados na Tabela 7 (Comissão de Comunidades Européias, 1973).

Tabela 7 - Concentrações de chumbo no ar em algumas cidades de comunidade européia (1971-72)*

LOCAL	MEDIÇÕES CONTÍNUAS	MEDIÇÕES EM HORAS DE TRÁFEGO
não urbano	médias mensais $<0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ máxima diária $<1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	- -
pequenas cidades	médias mensais $<1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ máxima diária $<2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	- -
áreas residenciais	-	médias mensais $<3 \mu\text{g}/\text{m}^3$
áreas de tráfego	-	medições individuais $<8 \mu\text{g}/\text{m}^3$
áreas metropolitanas	médias mensais $<2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ médias diárias $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$	medições individuais $<4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
áreas residenciais	médias mensais $6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ valores diários até $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	médias mensais $<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ medições individuais até $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

* Dados da Comissão das Comunidades Européias (1973)

Os níveis de chumbo no ar ambiente em 15 estações nacionais de amostragem no Japão em 1973 foram de $0,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para valor médio de 24 horas, $2,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o valor máximo de 24 horas, e $0,01$ para o mínimo (Environment Agency, Japan, 1975).

As pessoas que vivem nas proximidades de tráfego pesado de automóveis são expostas a concentrações apreciavelmente mais altas do que as outras. Em Los Angeles, California, onde os níveis gerais do ar ambiente são costumeiramente altos, a concentração média mensal perto do tráfego atingiu $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (US Department of Health, Education and Welfare, 1965). Há também um padrão diurno no qual a concentração sobe e desce em proporção aproximada a atividade de tráfego de veículos (US Department of Health, Education and Welfare, 1965, Lahmann, 1969; Heller & Kettner, 1969; Chovin et al, 1973). A maioria dos estudos indica que ocorre também uma variação sazonal (Tepper & Levin, 1972); Georgii & Jost, 1971).

Quase todas as avaliações de chumbo no ar das comunidades foram feitas ao ar livre. Dispomos de apenas um pequeno número de estudos de concentrações em interiores (ex. Fugas et al, 1973; Yocom et al, 1973; Daines et al, 1972). Os níveis registrados nos interiores variam de um pouquinho abaixo até cerca de $1/3$ dos níveis de exteriores comparáveis. Os níveis mais altos em interiores são registrados somente em ambientes de indústrias de chumbo. Na ausência de dados específicos, deve-se consultar a literatura muito mais volumosa sobre a penetração da poluição por particulados não diferenciada em edifícios. Esta foi revista por Benson (1972). Em geral, as partículas muito pequenas penetram prontamente nos edifícios, e lá permanecem a níveis similares àqueles do exterior. As partículas maiores, nas proximidades de fontes estacionárias e muito próximas a estradas, penetram nos edifícios com menor presteza.

Os estudos das concentrações de chumbo no ar durante um certo número de anos ou mesmo uma década, nos mesmos locais ou em locais similares, produziram resultados muito variáveis. Ocasionalmente, os níveis de chumbo no ar têm declinado em Cincinnati, Ohio (US Department of Health, Education and Welfare, 1965). Isto foi atribuído ao grande decréscimo no consumo de carvão. A Rede Nacional de Vigilância do Ar dos E.U.A., que tem a maioria de suas estações nos centros das cidades, registra

pequenas mudanças nas grandes cidades e comportamento variável nas cidades menores (NAS-NRC, 1972). Tepper & Levin (1972) e Chow & Earl (1970) demonstraram consideráveis aumentos dos níveis de chumbo no ar em um bom número de estações em grandes cidades. Em 1967, Ott et al. (1970) desenvolveram um modelo de predição para crescente poluição automotiva com base nos padrões de emissão de monóxido de carbono. Uma vez que o chumbo no ar provem principalmente de fontes automotivas, este relatório deve ser considerado quando são avaliadas as mudanças do chumbo ao longo do tempo.

A ingestão de chumbo por via respiratória depende da concentração total de chumbo, distribuição do tamanho das partículas, formato das partículas, composição química, propriedades físico-químicas e volume respiratório (seção 6.1.1).

A distribuição do tamanho da partícula de chumbo no ar ambiente foi estudada por um grande número de investigadores. No tocante a deposição e absorção pulmonar, considera-se apropriada ao diâmetro médio equivalente em massa ao invés do tamanho da partícula microscópica. Robinson & Ludvig (1967) relatou o diâmetro médio equivalente em massa de $0,25\text{ }\mu\text{m}$, com 25% de partículas menores que $0,16\text{ }\mu\text{m}$ e 25% maiores que $0,43\text{ }\mu\text{m}$. Estes dados eram representativos de um variedade de áreas de Los Angeles, da Baía de São Francisco, Cincinnati, Chicago e Philadelphia. Houve pequena variação de uma cidade para outra. Outros estudos realizados nos Estados Unidos da América deram resultados similares (Mueller, 1970; Robinson et al., 1963). Mais recentemente Lee et al. (1972) comunicaram diâmetros médios e equivalentes em massa de $0,42\text{--}0,69\text{ }\mu\text{m}$ para seis cidades dos Estados Unidos. Jost et al. (1973) comunicaram que 50% das partículas tinham diâmetro médio equivalente em massa inferiores a $0,4\text{ }\mu\text{m}$ e 20% de mais de $0,5\text{ }\mu\text{m}$.

Pouco se sabe sobre a forma química na qual ocorre o chumbo do ar ambiente geral. Ter Haar & Bayard (1971) estudaram a composição das partículas de chumbo suspensas no ar com

um analisador de micro-sonda de eletron. Eles estudaram os particulados coletados diretamente do cano de escape de um carro e também do ar a várias distâncias de uma movimentada auto-estrada. Seus resultados (tabela 8) indicam que o chumbo lançado por carros é inicialmente composto por halóides que são convertidos em óxidos, sulfatos e carbonatos com o tempo.

Os vapores de chumbo alquil ocorrem no ar ambiente porque uma parte do chumbo alquil da gasolina escapa da combustão. Purdue et al. (1973) fizeram recente comunicação sobre a concentração de chumbo orgânico em um estacionamento subterrâneo e no ar ambiente geral de seis grandes cidades dos E.U.A. No estacionamento, o nível de chumbo total no ar foi de $11,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, do qual 16,7% constituíam chumbo orgânico. Nas seis grandes cidades, a concentração de chumbo orgânico foi de 10% do chumbo total. Há uma incerteza quanto a precisão dos dados relativos ao chumbo orgânico, uma vez que as concentrações encontradas aproximavam-se do limite de detecção do método. Em outro estudo em Los Angeles, utilizando-se um método diferente para a captura do chumbo orgânico, descobriu-se que aproximadamente 2% do chumbo eram orgânicos (Snyder, 1967). As diferenças encontradas na concentração do chumbo orgânico com relação ao chumbo particulado podem ser talvez explicadas em parte pelas diferenças de proximidade à fonte emitente. Laveskog (1971) realizou repetidos estudos durante vários meses sobre a presença de chumbo orgânico no ar em diversos locais de Estocolmo. Os níveis eram uniformente baixos (inferior a 10% do chumbo total) exceto durante dois breves períodos. Estes ocorreram perto de um posto de gasolina, e foram atribuídos a evaporação do combustível derramado. Colwill & Hickman (1973) verificaram este conceito em estudos similares nas proximidades de instalações onde se manipula gasolina.

O ar nas proximidades de fornos de chumbo pode estar consideravelmente poluído e isto pode afetar a população em geral. Recentemente foi feito um estudo detalhado sobre o impacto ambiental de uma grande fundição de minérios perto de El Paso, Texas (Landrigan et al. 1975 b). A concentração média anual em

1971 foi de aproximadamente $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ na vizinhança imediata da fundição e caía rapidamente, atingindo um nível de segundo plano de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ a cerca de 5 km de distância. Aproximadamente 42% da massa da partícula tinham um diâmetro aerodinâmico inferior a $2\mu\text{m}$. Em um estudo similar conduzido perto de um forno e de uma mina no Meza Valley, Iugoslávia, a concentração de chumbo no ar, a 10 km de distância, variou entre 1,3 a $24,0\mu\text{g}/\text{m}^3$.

(Djurić et al., 1971). Foram instaladas cinco estações de amostragem de ar a várias distâncias dentro de 10 km da chaminé da fundição. Cerca de 45% das partículas tinham um diâmetro igual ou inferior a $0,3\mu\text{m}$ e 25% adicionais encontravam-se na amplitude de $0,31\text{--}0,8\mu\text{m}$. Embora não especificado, é provável que os tamanhos destas partículas fossem expressos como diâmetro aerodinâmicos, uma vez que os autores referiram-se a esta amplitude como sendo de tamanho ótimo para a absorção. A extensa poluição em algumas direções devem-se provavelmente à topografia. O Meza Valley tem apenas algumas centenas de metros de largura e, dependendo da direção do vento, as partículas de chumbo podem ser levadas a grandes distâncias.

Roberts et al. (1974) comunicaram os níveis de chumbo no ar, poeira, solo e no sangue das crianças que moram perto de dois fornos secundários em Toronto. Os níveis médios mensais de chumbo no ar ($1,2\text{--}5,3\mu\text{g}/\text{m}^3$) eram cerca de duas vezes aqueles encontrados em outras partes da cidade, mas estavam sujeitos a maiores variações diárias. Os níveis de chumbo em nuvem de poeira de $200\text{--}1.500\text{ mg}/\text{m}^2/\text{mês}$ e níveis de solo de $16.000\text{--}40.000\text{ mg}/\text{kg}$ de solo próximos ao forno declinaram para níveis de segundo plano a 300-400 m dos chaminés. De 13 a 30% das crianças que moravam a 300 m dos chaminés tinham níveis de chumbo acima de $40\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

Diâmetro médio equivalente em massa = diâmetro equivalente acima e abaixo do qual os pesos das partículas maiores e menores são iguais.

Comunicou-se que a poluição do local circunvizinho, por um forno de chumbo secundário afetou a absorção de chumbo de adultos que moram a 1-4 km de distância do emissor principal (Nordman et al. 1973). As concentrações de chumbo no ar não foram comunicadas. As concentrações da poeira de chumbo variaram de 10 mg/m²/mês (4 km da chaminé) a 200 mg/m²/mês (200m da chaminé). Houve uma correlação entre a concentração de chumbo no sangue e o grau de inibição eritrocita ALAD por um lado, e por outro a proximidade da habitação ao forno. Ficou também demonstrada a correlação entre os valores Pb-B e a poeira de chumbo mensal.

5.4 - Concentrações de Chumbo no Sangue de Diversas Populações

Sob certas condições, os níveis de chumbo no sangue (Pb-B) constituem um indicador de exposição útil e são portanto discutidos neste capítulo que trata de exposições e níveis ambientais (ver também a seção 6.1.1.2).

5.4.1 - Populações Adultas

Contamos com muitos dados sobre os níveis de chumbo no sangue das populações adultas. A maioria absoluta destes estudos indicam que os valores médios de Pb-B para populações urbanas, rurais, não expostas ocupacionalmente variaram de 10 a 25 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Hofreuter et al. 1961; US Department of Health, Education and Welfare, 1965; Butt et al., 1964; Holmquist, 1966; Lehnert et al., 1970; Horiuchi, 1970; Tepper & Levin, 1972; Mc Langhlin et al., 1973; Tsuchiya et al., 1975). Os estudos relativos às populações do norte da Itália têm revelado consistentemente valores um pouco mais altos, variando de 24 a 35 $\mu\text{g}/100\text{ml}$ (Zurlo et al., 1970; Secchi et al., 1971; Secchi & Alessio, 1974). Foram também comunicados níveis similares de Pb-B de grupos populacionais rurais e urbanos na França (Bondene et al., 1975). Em contraste, foram encontrados valores relativamente baixos para 50 mulheres no sul da Suécia (Haeger-Aronsen et al., 1971). Estes estão consistentes com valores recentemente encontrados para a população feminina finlandesa, variando de 7,9 (rural) a 9,7 (urbana) $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Nordman, 1975).

Como regra, constatou-se que os níveis de Pb-B das populações urbanas e de pessoas expostas com intensidade a exaustão dos automóveis eram mais altos que aqueles referentes as populações ou das populações que moram em áreas com menor volume de tráfego (Hofreuter et al., 1961; US Department of Health, Education and Welfare, 1965; Lehnert et al., 1970; Tepper & Levin, 1972) (tabela 15). Em um estudo recente, determinaram os níveis de Pb-B entre adultos antes e depois da abertura de um entroncamento rodoviário com alta densidade de tráfego. Descobriu-se que os níveis de Pb-B eram consideravelmente mais altos em homens e mulheres que moravam nas proximidades do cruzamento depois que foi aberto do que antes (Waldron 1975). Ao avaliar os resultados deste estudo, devemos dar descontos ao fato de que não se estudou nenhum grupo de controle, o método de colher as amostras de sangue foi mudado após a abertura do cruzamento, a amostragem foi feita em diferentes épocas do ano

e não se forneceram dados referentes ao controle de método analítico utilizado (espectroscópio de absorção atômica). Desta forma, não pode ser excluída a possibilidade de terem ocorrido erros sistemáticos. Por outro lado, Stopps (1969) descobriu que os níveis de Pb-B em pessoas que habitam diversos lugares remotos da civilização tinham médias grupais de 12-23 $\mu\text{g}/100\text{ml}$, valores não significativamente diferentes de médias grupais atribuídas a pessoas que habitam áreas urbanas de países altamente industrializados. O relatório não dá informações referentes aos procedimentos nem ao controle de qualidade dos métodos analíticos.

Um aumento patente na absorção de chumbo foi registrado em pessoas que moram nas vizinhanças de fornos de chumbo (Secchi et al., 1971; Nordman et al., 1973; Martin et al., 1975; Graovac-Leposavić et al., 1973).

Os homens tem níveis de Pb-B mais altos que as mulheres (NAS-NRC, 1972). Parece que esta diferença não pode ser totalmente atribuível aos valores hematócitos mais altos do homem (Tepper & Levin, 1972; Nordman, 1975). É provável que pelo menos parte da diferença possa ser atribuída ao maior consumo de alimento dos homens.

Tabela 15 - Sumário da Concentração de Chumbo no Sangue de Grupos Seleccionados de Machos (E.U.A.)*

MÉDIA ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	Nº DE PESSOAS EXAMINADAS	IDENTIDADE DOS GRUPOS
11	9	Não fumantes suburbanos, Philadelphia.
12	16	Residentes de condado rural, California.
13	10	Viajantes regulares de subúrbio não fumantes, Phil.
15	14	Viajantes regulares de subúrbio <u>fumantes</u> , Phil.
19	291	Funcionários de aeronaves, Los Angeles.
19	88	Funcionários municipais, Pasadena.
21	33	Viajantes regulares de trem, fumantes, Philadelphia.
21	36	Funcionários do Dep. de Saúde Municipal, Cincinnati.
21	155	Policiais, Los Angeles.
22	11	Não fumantes que moram e trabalham no centro da cidade, Philadelphia.
23	140	Funcionários dos Correios, Cincinnati.
24	30	Policiais não fumantes, Philadelphia.
25	191	Bombeiros, Cincinnati.
25	123	Todos os policiais, Cincinnati.
25	55	Fumantes que moram e trabalham no <u>cen</u> tro da cidade, Philadelphia.
26	83	Policiais fumantes, Philadelphia.
27	86	Funcionários de refinaria de gasolina, Cincinnati (1956).
28	130	Frentistas de postos de fgasolina, Cincinnati (1956).
30	40	Policiais de trânsito, Cincinnati.
30	60	Empregados em túneis, Boston.
31	17	Policiais de trânsito, Cincinnati (1956).
31	14	Motoristas de automóveis, Cincinnati.
33	45	Motoristas de automóveis, Cincinnati (1956).
34	48	Funcionários de estacionamento, Cincinnati (1956).
38	152	Mecânicos Cincinnati (1956).

* Do: US Department of Health, Education and Welfare, 1965.

Não se estabeleceu nenhuma associação entre os níveis de Pb-B e a idade nos adultos (NAS-NRC, 1972; Tepper & Levin, 1972; Nordman, 1975).

A influência do cigarro não foi totalmente avaliada, alguns pesquisadores acusam níveis mais altos de Pb-B nos fumantes do que para os não fumantes (Hofreuter et al., 1961, US Department of Health, Education and Welfare, 1965; Tepper & Levin, 1972), enquanto que outros não foram capazes de confirmar tal associação (Lehnert et al., 1967; Jones et al., 1972; McLanghlin & Stopps, 1973; Nordman, 1975; Tsuchiya et al, 1975).

5.4.2 - Crianças

Os estudos europeus dos níveis de Pb-B em crianças indicam que, em geral, os valores são similares ou possivelmente mais baixos do que aqueles dos adultos. Comunicou-se que os níveis de Pb-B de 200 crianças de 4 a 13 anos de idade em áreas rurais do oeste da Irlanda estavam abaixo de $13 \mu\text{g}/100\text{ml}$, com 45% dos resultados abaixo de $10 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ (Grimes et al., 1975). Examinou-se um grupo de 363 crianças em idades de 8 dias a 8 anos na área de Nuremberg/Erlangen. Constatou-se que no primeiro ano de vida; o nível Pb-B aumentou ano a ano e alcançou uma média de $11,5 \pm 4,9 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ na idade de 6-8 anos (Haas et al., 1972a). Entretanto, a maioria dos dados disponíveis sobre níveis de Pb-B em crianças foi obtida como resultado dos programas de investigação de casos conduzidos nos E.U.A. Em um estudo, descobriu-se que o nível médio no sangue de 230 crianças de 1-5 anos, em condados rurais era de $22,8 \pm 11,0 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ (Cohen et al., 1973). Fez-se uma correção para cima de todos os valores hematócitos abaixo de 40%; mais da metade das crianças moravam em casas mais velhas (com mais de 25 anos), um quarto das quais apresentava tinta descascada e buraco no reboco.

Tem havido muita preocupação nos E.U.A. pelo fato de um grande número de crianças de cidades do interior ter níveis de Pb-B anormalmente elevados. A preocupação refere-se a crianças cujo teor de chumbo no sangue varia entre 40 a $80 \mu\text{g}/100\text{ml}$. Deste modo, Blanksma et al., (1969) comunicou em 1967 e 1968, que 8% e 3,8%, respectivamente, das crianças de favelas de Chicago tinham concentrações Pb-B que excediam a $49 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. O estudo incluiu 68.744 crianças; a maioria das quais encontrava-se entre 1 e 6 anos de idade. O problema não se limita às grandes cidades. Fine et al. (1972) comunicou sobre a pesquisa realizada em 14 comunidades de Illinois com populações que variavam de 9.641 (Robbins) a 126.963 (Peoria). De um total de 6.151 crianças, 18,6% tinham níveis de Pb-B mais altos que $39 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ e 3,1% tinham níveis superiores a $59 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Al

gumas comunidades estavam localizadas no complexo urbano de Chicago, mas um número considerável não estava. Parece que não houve qualquer diferença substancial no percentual de crianças portadoras de concentração excessiva de chumbo entre as comunidades urbanas de Chicago quando comparadas com as comunidades do sul e do oeste de Illinois. As descobertas certamente não se referem unicamente a Illinois. Em uma pesquisa recente, 34% das 343 crianças de uma área pobre de Boston tinham níveis de Pb-B que excediam a 39 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ e 12% estavam acima de 49 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Pueschel et al., 1972). Dados similares foram recentemente colhidos em cidade de Nova York e em alguns outros lugares.

6. Metabolismo do Chumbo

6.1 - Absorção

A absorção de chumbo de fontes ambientais não depende apenas da quantidade de chumbo presente nas portas de entrada por unidade de tempo. Depende também do estado físico e químico no qual o metal se apresenta e é influenciado por fatores do hospedeiro tais como idade e estado fisiológico. A quantidade de alimento ingerido e o volume de ar respirado, com a ingestão e inalação proporcionais de chumbo, são funções da atividade metabólica. Os homens que fazem trabalho pesado respiram mais e comem mais alimento que os indivíduos sedentários do mesmo peso, e as crianças ingerem quase tanto alimento e respiram quase tanto ar como os adultos de meia-idade.

6.1.1 - Absorção por inalação

Acumulou-se uma grande quantidade de informações relativas aos fatores que determinam o grau de deposição e retenção dos aerossóis inalados em geral. (Grupo Tarefa em Dinâmica do Pulmão, 1966). Com o conhecimento adequado das características dinâmicas dos aerossóis de chumbo, seria possível fazer previsões razoáveis do modelo do pulmão desenvolvido pelo ICRP - Grupo Tarefa em Dinâmica de Pulmão referente a deposição fracional que ocorreria nas vias respiratórias humanas. Seria também possível prever o padrão de deposição regional das vias respiratórias. Infelizmente, não se dispõe do conhecimento necessário para se fazer previsões precisas, principalmente no caso de exposições industriais.

O modelo de pulmão do ICRP poderia prever que aproximadamente 35% de chumbo inalado no ar ambiente geral seriam depositados nas vias respiratórias, uma vez que o diâmetro aerodinâmico das partículas de chumbo é de aproximadamente 0,1-1,0 μm (ver seção 5.1.1). O modelo de pulmão também poderia prever que a deposição regional ocorreria predominantemente no leito alveo

lar nas regiões mais profundas do sistema tráqueo-bronquial. Além disso, poderia prever que a deposição fracional das poeiras de chumbo geradas no ambiente industrial seria maior do que a do chumbo no ar ambiente em geral; entretanto, a deposição o correria principalmente na nasofaringe em vez de se dar no leito pulmonar ou na região tráqueo-bronquial, devido ao tamanho maior da partícula. Os fumos industriais de chumbo, tais como aqueles gerados no processo de corte de metais com solda elétrica, conteriam partículas de pequeno tamanho e se comportariam como tal. Mas mesmo os aerossóis respirados pela população em geral não estão suficientemente caracterizados para se prever deposição. Isto é particularmente verdadeiro para as partículas muito pequenas. ($<0,1 \mu\text{m}$) que são grandemente depositadas por difusão (Lawther, 1972).

A adequação do modelo de deposição no pulmão do ICRP está aberta ao debate; pelo menos quanto às pequenas partículas. O modelo prevê uma deposição total nas vias respiratórias de 40-50% para as partículas de $0,5 \mu\text{m}$, enquanto que um estudo em voluntários humanos indicam uma deposição de apenas 6-16%, dependendo da taxa e da profundidade da respiração (Muir & Davies, 1967).

As predições referentes as características de desobstrução de aerossóis de chumbo das vias respiratórias utilizando-se o modelo de pulmão do ICRP são ainda mais difíceis de se fazer do que as predições referentes a deposição. O pulmão modelo prediria que o destino do chumbo depositado nas vias respiratórias variaria muito dependendo das características de solubilidade e da toxicidade inerente das partículas ao mecanismo de desobstrução (macrofagos e cílios pulmonares). As formas químicas do chumbo no ar são tão numerosas quanto variáveis, dependendo da fonte e do tempo de residência no ar (ver seção 5.1.1). Em muitos tipos de exposição industrial, é provável que o chumbo se encontre principalmente sob a forma de óxido de chumbo.

6.1.1 - Estudos em seres humanos

Os estudos reais sobre a deposição fracional das partículas no trato respiratório do homem não têm sido extensos, especialmente no caso do chumbo. Kehoe (1961) estudou a deposição de chumbo em voluntários humanos com um nível de chumbo no ar de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A fonte de chumbo era tetra-etila inflamado, que produzia óxido (Pb_2O_3) de chumbo (III) no ar. Os indivíduos respiravam ar contendo partículas de diâmetro mediano de $0,05 \mu\text{m}$ examinadas sob o microscópio eletrônico, com 90% variando entre $0,02 - 0,09 \mu\text{m}$. Um diâmetro de $0,05 \mu\text{m}$ para o óxido de chumbo (III) conforme examinado sob o microscópio eletrônico representa diâmetro mediano equivalente em massa de aproximadamente $0,26 \mu\text{m}$ (NAS-NRC, 1972). Os indivíduos também respiram ar contendo partículas de diâmetro mediano de $0,9 \mu\text{m}$ (diâmetro mediano equivalente em massa = $2,9 \mu\text{m}$); 36% de partículas menores e 46% de partículas maiores foram depositadas.

Nozaki (1966) também fez comunicação sobre a deposição pulmonar de chumbo inalado por seres humanos. Fumos de chumbo eram gerados em fornalhas de indução por alta frequência e eram inalados a uma concentração de $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O tamanho de partícula era rigorosamente controlado de acordo com o método de Homma (1966). Os resultados (ver tabela 16) foram similares à aqueles de Kehor (1961) e foram razoavelmente consistentes com o modelo de deposição pulmonar do ICRP (Grupo Tarefa de Dinâmica Pulmonar, 1966).

Estes dados sugerem que uma estimativa de deposição de $30 \pm 10\%$ é razoável para a situação usual do ar ambiente geral e que as características de deposição do óxido de chumbo variarão consideravelmente, dependendo do tamanho da partícula e da profundidade e frequência da respiração.

Entretanto, não se pode prever a contribuição do chumbo suspenso no ar a carga de chumbo no corpo com base apenas nos estudos de deposição. Provavelmente a deposição regional varie

muito de uma situação de exposição para outra, isto é, o ambiente industrial versus meio ambiente. Da mesma forma, a natureza da desobstrução pulmonar é desconhecida e difícil de ser estudada. Não obstante isso, é possível determinar a desobstrução pulmonar a curto prazo, realizando-se varreduras nos pulmões com raio gama seguindo-se a inalação de Pb. Foi feita a comunicação deste estudo no homem (Hursh & Mercer, 1970), mas sua relevância para o coeficiente de desobstrução das formas químicas e físicas do chumbo usualmente inalado pelo homem é altamente questionável. Tais estudos radioativos do chumbo envolvem a adsorção de átomos de Pb em carregadores de partículas de aerosol. A desadsorção dos átomos de chumbo dos núcleos de aerosol sob estas circunstâncias artificiais pode ser muito significativa e a taxa estimada pode ser totalmente diferente da taxa de desobstrução das partículas de chumbo do ar ambiente.

Kehoe (1961) comunicou que quando um indivíduo respirava aerossóis de óxido de chumbo (III) de partículas grandes (aproximadamente $2,9 \mu\text{m}$ de diâmetro mediano equivalente em massa) durante muitas semanas a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ocorria um aumento bastante substancial da excreção fecal; refletindo, provavelmente, o fato de que as partículas eram grandemente capturadas na nasofaringe e engulidas. Quando o mesmo indivíduo inalava ar com uma concentração de chumbo de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, com chumbo em pequenas partículas (aproximadamente $0,25 \mu\text{m}$ de diâmetro mediano equivalente em massa), observou-se apenas um pequeno acréscimo na excreção fecal do chumbo.

Durante a inalação dos poluentes aéreos particulados, a poeira de chumbo entra em contato com as células dos pulmões, fato este que é o principal responsável pela fagocitose. Deve-se lembrar que os macrófagos alveolares são prejudicados in vitro pelos compostos de chumbo orgânico (Beck et al., 1973) e que efeitos similares foram demonstrados in vivo em ratos e cobaias (seção 6.1.1.4). Portanto, parece possível que os mecanismos de defesa dos pulmões fiquem, até certo ponto, danificados em um ambiente com alta concentração de chumbo no ar e que a taxa de ab

sorção das partículas inaladas sob tais circunstâncias seja afetada.

Tabela 16 - Deposição de fumo de chumbo nas vias respiratórias dos seres humanos (a)

10 respirações/min: 1350 cm ³ ar de uma respiração		30 respirações/min: 450 cm ³ ar de uma respiração	
Diâmetro da partícula(b) (µm)	% Deposição	Diâmetro da partícula(b) (µm)	% Deposição
1,0	63,2	1,0	35,5
0,6	59,0	0,6	33,5
0,4	50,9	0,4	33,0
0,2	48,1	0,2	29,9
0,1	39,3	0,1	27,9
0,08	40,0	0,08	26,5
0,05	42,5	0,05	21,0

(a) Adaptado de Nozaki, 1966.

(b) Diâmetro mediano equivalente em massa.

Em suma, os estudos sobre deposição e desobstrução do chumbo nas vias respiratórias não deram, até agora, uma indicação clara da absorção diária a ser esperada sob condições realísticas. Eles têm apenas eufatizado a necessidade de considerar outros tipos de dados para se obter estas informações.

Uma vez que se pensa que a concentração do chumbo no sangue reflete a exposição ao chumbo corrente e recente, o grau de ingestão de chumbo do ar deve refletir este fator.

6.1.1.2 - Relação entre o chumbo no ar e o chumbo no sangue na população em geral.

O risco ao homem, proveniente do chumbo no ar, tem se tornado assunto de considerável interesse nos últimos anos. Os estudos de deposição e retenção de chumbo nas vias respiratórias do homem têm sido esclarecedores. Uma abordagem mais indireta e não obstante útil do problema começa com a presunção de que a concentração de chumbo no sangue é proporcional ao nível corrente da ingestão total por intermédio de todas as portas de entrada. Segue-se que cada fonte ambiental (principalmente ar, alimentos e água) contribuiria para a concentração de chumbo no sangue na proporção direta da sua contribuição a ingestão de chumbo total diária. Até o momento, tal relação não foi rigorosamente demonstrada. Goldsmith & Hexter (1967) desenvolveram uma plotação de regressão linear do log de Pb-B versus log da concentração de chumbo no ar. As amostras de chumbo no ar não foram necessariamente apanhadas ao mesmo tempo e lugar em que foram as amostras de sangue. Assim, a linha de regressão foi calculada com base em informações um tanto imprecisas. Entretanto, constatou-se que os dados das altas concentrações conhecidas de óxido de chumbo, existentes na respiração de voluntários humanos se ajustavam muito bem à linha de regressão. Uma crítica convincente refere-se ao fato de que a validade dos dados de chumbo no ar quando aplicada a dados específicos de chumbo no sangue é muito incerta. A contribuição do chumbo no ar para o chumbo no sangue, conforme se infere da curva Goldsmith-Hexter, é de 1,3 μg de chumbo por 100 ml de sangue por 1 μg de chumbo por m^3 de ar. Fizeram-se outros estudos epidemiológicos da relação entre o chumbo no ar e o chumbo no sangue. Azar et al. (1973) monitorou o ar inalado por 150 indivíduos usando amostradores de ar pessoais, continuamente, 24 horas por dia. A exposição ao chumbo no ar variou de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Houve uma significativa correlação entre o nível log de chumbo no ar e o nível log de chumbo no sangue quando se cotizaram os dados de todas as cidades amostradas. Constatou-se que a contribuição do

chumbo no ar para o chumbo no sangue era um pouco menor (aproximadamente $1,0 \mu\text{g}$ de chumbo por 100 ml de sangue por $1 \mu\text{g}$ de chumbo por m^3 de ar sobre a amplitude das concentrações de chumbo no ar estudadas) do que tinha sido estimado através da curva Goldsmith-Hexter.

Uma outra investigação recente que examinou a relação entre os níveis de chumbo no ar e chumbo no sangue foi o Seven Cities Study (Tepper & Levin, 1972). Não se verificou nenhuma correlação significativa entre os níveis de chumbo no ar e chumbo no sangue sobre uma amplitude de chumbo no ar de $0,17-3,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A maior deficiência deveu-se ao fato de que todos os dados de ar foram obtidos de estação de amostragem fixa e ao ar livre nas 11 cidades envolvidas.

Dois estudos investigaram recentemente a relação entre os níveis de chumbo no sangue e chumbo no ar efetuada em voluntários humanos. Em um estudo, 14 voluntários masculinos foram expostos a aerossóis de óxido de chumbo durante 23 horas por dia, a uma concentração média de $10,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante 17 semanas. As concentrações de chumbo no sangue e outros parâmetros foram medidos antes, durante e depois do período de exposição. Um plateau da concentração de chumbo no sangue foi conseguido durante a exposição e foi observado um retorno a níveis de pré ou quase pré-exposição. A contribuição do ar para os níveis de Pb-B foi de aproximadamente $1,4 \mu\text{g}$ de chumbo por 100 ml de sangue por $1 \mu\text{g}$ de chumbo por m^3 de ar (Coulston et al. 1972b). Em outro estudo, voluntários masculinos inalaram concentrações de chumbo no ar de $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O nível de chumbo no sangue aumentou $18 \mu\text{g}$ para $25 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, isto é, aproximadamente $2 \mu\text{g}$ de chumbo por 100 ml de sangue por $1 \mu\text{g}$ de chumbo por m^3 (Coulston et al. 1972a). Rabinowitz (1974) publicou um estudo sobre um único voluntário usando traçadores de isótopo de chumbo estável no qual a remoção repentina do chumbo normal do ar através de filtragem resultou na redução da concentração de chumbo no sangue de aproximadamente $14,5 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ para aproximadamente $11,3 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ durante um período de 40 dias (Fig. 2). Os níveis médios de chum

bo no ar foram estimados levando-se em consideração as medições feitas em interiores e exteriores e o tempo gasto em ambos os locais.

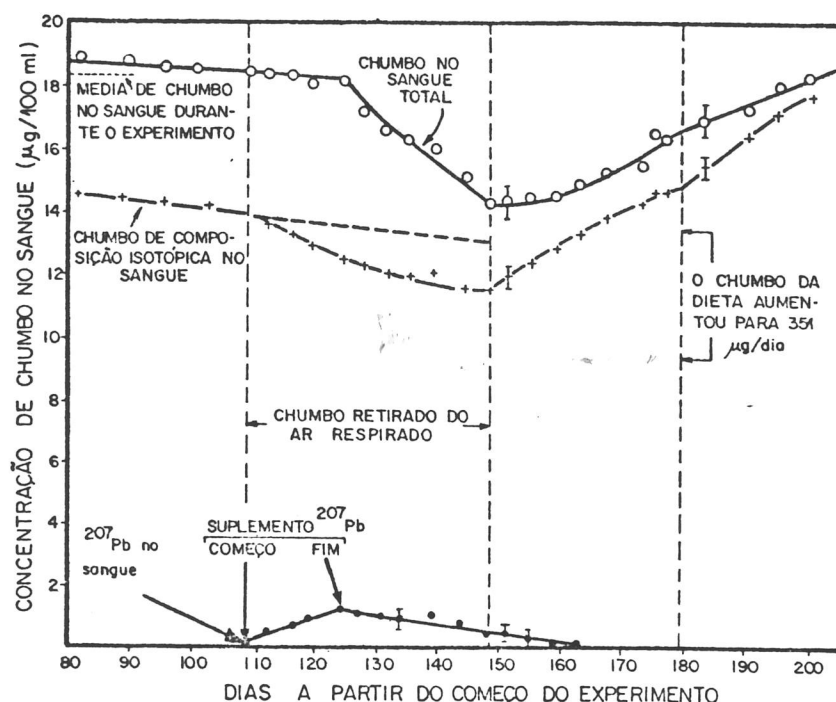


Fig. EFEITO DA REMOÇÃO DO CHUMBO CONTIDO NO AR DA SALA SOBRE O CHUMBO NO SANGUE. ADAPTADO DE RABINOWITZ (1974) COM O ACRÉSCIMO DA LINHA PONTILHADA

Antes do experimento (dia 109), a concentração média de chumbo no ar era de $1,6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ e durante o experimento (dia 109-148), ela foi de $0,2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ao calcular a contribuição do chumbo no ar e chumbo no sangue no dia 148, deve-se dar um desconto pelo fato da concentração de chumbo da composição isotópica normal estar decrescendo antes da remoção do chumbo do ar. Se isto for levado em conta, a contribuição de chumbo no ar para o chumbo no sangue no dia 148 seria de aproximadamente $1,7\text{ }\mu\text{g}$ de chumbo por 100 ml de sangue por $1,4\text{ }\mu\text{g}$ de chumbo por m^3 de ar, ou $1,2\text{ }\mu\text{g}$ de chumbo por 100 ml de sangue por $1\text{ }\mu\text{g}$ de chumbo por m^3 de ar. Lamenta-se que não foi possível acompanhar as concen

trações de chumbo no sangue por um período mais longo após a remoção do chumbo do ar da sala, uma vez que um novo estado estacionário (steady state) ainda não tinha sido totalmente conseguido. O estudo é também de valor limitado para aplicação a população em geral porque apenas um indivíduo foi estudado.

Por outro lado, o estudo de Coulston foi deficiente no ponto em que a forma de chumbo no ar respirado (óxido de chumbo (III)) pode ser depositada nas, ou retida das, vias respiratórias de maneira significativamente diferente do chumbo, conforme ele realmente ocorre no ar ambiente em geral.

Concluindo, parece ^{que} provavelmente existe um efeito perceptível do chumbo no ar no chumbo no sangue na amplitude das concentrações de chumbo no ar aplicáveis a população em geral. Os dados disponíveis sugerem que os níveis de chumbo no sangue na amplitude encontrada na população em geral, os níveis de chumbo no ar contribuem de 1,0 a 2,0 μg de chumbo por 100 ml de sangue por 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar.

6.1.1.3 - A relação entre o chumbo no ar e o chumbo no sangue na exposição ocupacional

Há muito pouca informação precisa referente a relação da concentração de chumbo no ar (Pb-A) e os níveis Pb-B nos indivíduos que são expostos ocupacionalmente. A técnica de coleta de ar usada no estudo desta relação é de grande importância. Devem ser usados monitores pessoais, uma vez que na maioria de situações individuais as concentrações de chumbo no ar às quais os indivíduos estão expostos podem ser altamente variáveis, dependendo das tarefas particulares a serem executadas e dos hábitos de trabalho do indivíduo.

Publicou-se apenas um estudo em que os indivíduos usavam monitores pessoais e no qual o Pb-A individual estimado podia ser relacionado com o Pb-B e alguns testes bioquímicos (Williamd et al., 1969). Neste estudo, trabalhadores de diversos departamentos de uma fábrica de baterias elétricas usavam amostradores pessoais durante o turno completo de trabalho durante duas semanas. Houve consideráveis variações nas concentrações medidas de chumbo do ar tanto entre os departamentos como nas amostras pessoais individuais. A Tabela 17 a apresenta os dados relevantes.

Tabela 17 - Tabelas e erros-padrão de chumbo medido no ar e níveis de Pb-B em diferentes departamentos de uma fábrica de baterias elétricas

Departamento	Número	Pb no ar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Pb-B ($\mu\text{g}/100 \text{ ml}$)	
		Média	Erro Padrão	Média	Erro Padrão
Empastamento à máquina	6	218	25	74,2	4,7
Empastamento manual	8	150	29	63,2	9,2
Estampagem	9	134	13	63,0	2,7
Fundição	6	52	3	-	-
Dep. de Plástico A	5	12	0,8	27,2	1,4
Dep. de Plástico B	5	9	0,8	29,1	1,6

Adaptado de Williams et al. 1969.

Utilizando-se de dados publicados por Williams et al. (1969) fez-se uma tentativa de se estimar aproximadamente a contribuição potencial de Pb-A ao Pb-B em indivíduos que estavam ocupacionalmente expostos ao chumbo. Nesta estimativa fizeram diversas suposições arbitrárias:

(1) que a concentração média de chumbo no ar pesada manualmente é uma boa medida da exposição por inalação, independente das prováveis diferenças nas taxas de respiração durante as horas de trabalho. Para uma semana de trabalho de 40 horas $c = 0,24 (\text{Pb-A})_o + 0,76 (\text{Pb-A})_a$, os subscritos o e a referem-se a concentração ocupacional e ambiental de chumbo no ar.

(2) que o $(\text{Pb-A})_a$ era $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e que ele tinha contribuído $1,4 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ para os valores medidos de Pb-B (ver 6.1.1.2) e que para dar aumento subsequente de Pb-B seria de $1,4 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ na amplitude de valores de Pb-A até cerca de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

(3) que as contribuições da exposição por inalação ocupacional, a exposição por inalação não ocupacional e a exposição

de outras fontes (tais como alimentos) para os níveis de Pb-B são aditivas.

Uma outra simplificação exagerada é que as prováveis diferenças na composição química e características físicas do chumbo suspenso no ar nos ambientes ocupacionais e não ocupacionais foram completamente negligenciadas.

A contribuição de $(Pb-B)_F$, das exposições por não-inalação tais como ingestão de alimentos até os níveis avaliados de chumbo no sangue foi considerada como sendo a mesma para todos os trabalhadores e constante durante um período de duas semanas de observação. Ela foi calculada a partir dos dados da Tabela 17 para os trabalhadores dos departamentos de plásticos A e B usando-os como grupos de controle, subtraindo-se a contribuição estimada de $\bar{c}$ para chumbo no sangue dos valores medidos de Pb-B e tirando-se a média, isto é,

$$(Pb-B)_F = \frac{1}{2} [27,2 - (3,6 \times 1,4) + 29,1 - (2,9 \times 1,4)] =$$

= 23,6 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$. O $(Pb-B)_O$ foi então obtido subtraindo-se 23,6 dos valores medidos de Pb-B para todos os departamentos.

Os resultados são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Estimativa dos níveis de chumbo no sangue potencialmente provenientes da exposição por inalação efetiva

c

Departamento	Pb-B avaliado $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$	(Pb-B) $\mu\text{g}/100 \text{ mg}$	C $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(PB-B) o/c
Empastamento à máquina	74,2	50,6	53,1	0,96
Empartamento manual	63,2	39,6	36,8	1,1
Estampagem	63,0	39,4	32,9	1,2
Fundição	-	-	13,2	-
Dep. de Plástico A	27,2	3,6	3,6	1,0
Dep. de Plástico B	29,1	5,5	2,9	1,5

A partir destes cálculos pareceria que um aumento de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração média pesada semanalmente de chumbo no ar corresponderia a um aumento de aproximadamente $1 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ no Pb-B.

Um número similar, mas um pouco menor, uma contribuição de chumbo no ar para os níveis de Pb-B pode ser calculada usando-se dados de um estudo, cujas partes foram comunicadas em duas publicações diferentes (Prpić-Majić et al., 1973; Fugaš et al., 1973). A partir de seus dados, eles calcularam que a concentração média avaliada em função do tempo das partículas respiráveis de chumbo para 52 trabalhadores de firmas não especificadas de chumbo era de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O nível médio de Pb-B foi de $44,3 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, enquanto que o nível de Pb-B da população de controle que morava em ambiente aéreo de $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ foi de $22,4 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Supondo que os níveis de Pb-B devidos a fontes não aéreas sejam os mesmos para os dois grupos, isto é, $22,1 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ (total= $22,4$) menos a contribuição do ar ambiente para Pb-B ($0,2 \times 1,4 = 0,3$), a contribuição do ar para o nível de Pb-B para os grupos expostos industrialmente seria $44,3 - 22,1$ ou $22,2 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Uma vez que a concentração de chumbo no ar foi de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1 \mu\text{g}$ de chumbo por

m³ contribui com 0,6 µg de chumbo por 100 ml de sangue.

Outro método possível para se avaliar a contribuição do Pb-A para Pb-B nos indivíduos expostos ocupacionalmente é encontrar primeiro a correlação funcional que se ajuste nos dados de Pb-B da Tabela 17 e $\underline{c}$. Uma função de força $\ln y = \ln 18,9 + 0,34 \ln c$ dá um bom ajuste na amplitude de $\underline{c} = 10$ para $\underline{c} = 50$ (coeficiente de correlação $\underline{r} = 0,994$), e permite a estimativa do aumento em Pb-B por acréscimo unitário em $\underline{c}$. Os resultados destes cálculos são apresentados na Tabela 19. Embora ainda seja uma simplificação grosseira, este método parece propiciar resultados mais realísticos porque reflete o fato de que, a níveis de Pb-A mais altos, o Pb-B não aumenta linearmente com o Pb-A; e, portanto, o aumento esperado em Pb-B por aumento unitário em $\underline{c}$ (dy/dc , Tabela 19) torna-se cada vez menor na medida em que os níveis de Pb-B aumentam.

6.2 - Distribuição e retenção

Como acontece com todas as substâncias que entram no corpo, uma única dose de chumbo distribui-se inicialmente de acordo com o coeficiente de distribuição do sangue aos vários órgãos e sistemas. A redistribuição então ocorre aos órgãos e sistemas na proporção de suas respectivas afinidades pelo chumbo. Sob condições de ingestão contínua durante longos períodos, um estágio quase estacionário é alcançado no que tange a distribuição intercompartimental.

Ocorrem perturbações no padrão de distribuição quando picos de ingestão de chumbo, grandes e a curto prazo, são superpostos neste bem definido padrão de distribuição a longo prazo.

6.2.1 - Estudo em seres humanos

A cinética de distribuição e acumulação do chumbo no homem ainda não foi bem definida no ser humano diretamente. Entretanto, a partir de dados de autópsia, o padrão geral de metabolismo do chumbo é claramente discernível. Acima de tudo, está claro que o chumbo tem uma forte tendência de se localizar e acumular nos ossos. A acumulação no corpo humano começa na vida fetal (Horiuchi et al., 1959; Barltrop, 1969). O chumbo é prontamente transferido através da placenta e a concentração de chumbo no sangue dos recém-nascidos é similar àqueles de suas mães, indicando processos de equilíbrio mãe-feto (Haas et al., 1972b; Hower et al., 1965). A distribuição dos chumbos no tecido fetal é muito similar a distribuição nos adultos (Barltrop, 1969).

O conteúdo total de chumbo do corpo pode atingir mais de 200 mg em homens de 60 - 70 anos de idade, mas é mais baixo nas mulheres. Barry & Mossman (1970) calcularam que em adultos expostos não ocupacionalmente, 94-95% do chumbo total do organismo (carga do corpo) estavam nos ossos. Uma estimativa

similar foi feita por Schroeder & Tipton (1968), por Horiuchi et al. (1959) e por Horiguchi & Utsunomiya (1973). Estas recentes publicações servem para reafirmar a longamente reconhecida afinidade do chumbo pelos ossos. Elas também fornecem observação adicional de que a concentração de chumbo nos ossos aumenta durante a maior parte da vida. Isto está em contraste com os tecidos moles. A maioria dos tecidos moles não apresentam uma mudança significativa com relação a idade na concentração de chumbo após a segunda década de vida (Barry, 1975). Isto também é verdade para concentração de chumbo em todo o sangue (US Department of Health, Education and Welfare, 1965; Horiuchi & Tanaka, 1954) e no soro sanguíneo (Butt et al., 1964). Desta forma, parece que o esqueleto é um repositório de chumbo que reflete a exposição humana acumulativa a longo prazo, ao passo que os fluidos corpóreos e os tecidos moles se equilibram com razoável velocidade e portanto refletem a exposição corrente e recente. Pouco se sabe se a mobilização do chumbo que está inativo nos ossos pode ocorrer tão rapidamente de forma a aparecerem sinais de envenenamento. Há necessidade de maiores estudos neste campo.

A concentração de chumbo no sangue é de primordial importância na avaliação da exposição ao chumbo. Confia-se nela como um auxiliar de diagnóstico de envenenamento e como um índice de exposição para se avaliar as condições perigosas tanto nas pessoas expostas ocupacionalmente como na população em geral. Sabe-se há muito tempo que o chumbo que circula no sangue é encontrado principalmente nos eritrócitos (Cantarow & Trumper, 1944). A concentração de chumbo dos eritrócitos é de aproximadamente 16 vezes maior do que no plasma (Butt et al., 1964). A natureza da associação do chumbo com os eritrócitos não está claramente compreendida. Publicaram-se numerosos estudos referentes à adição in vitro do chumbo aos eritrócitos suspensos no plasma ou soluções salinas. Mas a validade de tais estudos está aberta a sérios debates. Assim, Clarkson & Kench (1958) descobriram que o chumbo adicionado in vitro era prontamente removido por EDTA, ao passo que o chumbo residual presente nas células antes da adição de chumbo não podia ser removido. Isto sugere uma diferença

com respeito a: (1) o grau de união, (2) o local da união dentro ou sobre a célula, ou (3) o tipo de união do chumbo. Estudos recentes indicam que o chumbo está unido principalmente à proteína do eritrócito humano, notadamente à hemoglobina ao invés de à estroma (Barltrop & Smith, 1971, 1972).

A taxa de equilíbrio de chumbo no sangue com fontes de entrada e outros compartimentos corpóreos foi estudada no homem por Rabinowitz et al. (1973, 1974) usando um traçador de isótopo de chumbo estável (^{204}Pb). Os dados publicados indicam que com uma entrada oral, diária e constante de ^{204}Pb , uma concentração virtualmente constante do traçador no sangue é alcançada após aproximadamente 110 dias. Na retirada do traçador ^{204}Pb da dieta, a concentração de ^{204}Pb no sangue desaparece meia vez de aproximadamente 19 dias. A cinética do desaparecimento e da acumulação sugere que estão envolvidos processos de mudança de primeira ordem no que tange a este compartimento relativamente móvel. Tola et al. (1973) também forneceram dados que indicam que a concentração de chumbo no sangue cresce bem depressa até um novo nível de estado estacionário quando os homens são novamente introduzidos no ambiente de chumbo ocupacional. O tempo necessário para a concentração de chumbo no sangue atingir um novo plateau de modo a refletir este novo ambiente é de aproximadamente 60 dias.

A carga de chumbo no corpo aumenta do nascimento à velhice (Schroeder & Tipton, 1968; Barry & Mossman, 1970; Barry, 1975). Ao se examinar os dados referentes aos diversos sistemas e órgãos específicos torna-se evidente que há dois focos gerais de chumbo dentro de todo o organismo. O mais importante, em termos de chumbo total consiste dos ossos. Este foco é altamente acumulativo. Como consequência o chumbo nos ossos se acumulam durante a maior parte da vida. Os outros órgãos e sistemas são muito menos acumulativos e, em graus diferentes, tendem a se estabilizarem relativamente cedo na vida adulta refletindo uma maior taxa de renovação de chumbo comparado com aquela dos ossos.

Há uma boa razão para se fazer uma distinção entre a carga corpórea total e a carga corpórea cambiável, uma vez que os órgãos e sistemas que compreendem a carga corpórea cambiável são aqueles que tem maior significado toxicológico. É também extremamente importante notar que o chumbo em todo o sangue é uma parte da fração cambiável da carga corpórea. Entre adultos na população geral não existe diferença relacionada a idade no que diz respeito tanto à concentração de chumbo em todo o sangue como no soro sangüíneo. Desta forma, de um modo geral, o nível de Pb-B reflete a concentração de chumbo nos tecidos moles e as mudanças a longo prazo nos níveis de Pb-B com mudanças nos níveis de exposição são provavelmente acompanhados pelas mudanças a longo prazo correspondentes no resto do foco intercambiável.

Os corpos de inclusão nuclear contendo chumbo foram encontrados em homens sujeitos a exposição ao chumbo (Cramer et al., 1974; Galle & Morel-Maroger, 1965; Richet et al. 1966) bem como em animais experimentais (ver seção 7.1.3). Embora a literatura indique com frequência que eles ocorrem no fígado têm sido encontrado também em outros órgãos. Há uma indicação, proveniente de dados limitados, que os corpos de inclusão estão associados com exposição ao chumbo a curto prazo e não com exposição a longo prazo (Cramer et al., 1974).

A concentração de chumbo nos dentes decíduos tem recebido atenção especial porque tais concentrações são prontamente encontradas em criancinhas e porque eles fornecem um registro a longo prazo da exposição ao chumbo, como é o caso dos ossos. A dentina na área adjacente a polpa é particularmente útil neste caso porque permanecem da época do seu nascimento até quando o dente cai. Tem-se publicado que a concentração de chumbo na dentina é menor nas crianças em idade escolar de subúrbios do que nas crianças que moram em áreas de alta exposição ao chumbo (Needleman & Chapiro, 1974).

Tem havido algum interesse no possível uso de chumbo no cabelo como índice de exposição. Infelizmente não há informação confiável até esta data para indicar como as análises de cabelo devem ser interpretadas no que concerne a frequência e grau de exposição.

6.3 - Eliminação do chumbo

Sabe-se que a eliminação do chumbo do organismo é feita por dois caminhos principais: pelo trato urinário e pelo trato gastrointestinal. Pouco se sabe a respeito das outras vias de excreção, tais como o suor, esfolhação da pele e perda de cabelo.

6.3.1 - Estudos em seres humanos

Uma aproximação das contribuições relativas das diversas rotas de excreção do chumbo no homem foi feita por (Rabinowitz et al., 1973). Este estudo refere-se apenas a um voluntário humano exposto não ocupacionalmente. As excreções por intermédio dos rins e do trato gastrointestinal foram medidas diretamente. A perda verificada por outros caminhos, por exemplo cabelo, unhas e suor foi estimada por intermédio de outros dados sobre o efluxo de ^{204}Pb proveniente do compartimento do sangue. As perdas diárias foram as seguintes:

urina	38 μg (76%)
secreção gastrointestinal	8 μg (16%)
cabelo, unhas, suor, e outros	4 μg (8%)

O número 38 μg para a excreção urinária diária está consistente com os dados de Teisinger & Srbova, 1959. Em sua publicação, eles falam de uma excreção de chumbo, média e diária de 31 μg pela via urinária.

Não se conhece bem o mecanismo da excreção do chumbo pela via urinária no homem. Todavia, os estudos de Vostal (1966) trazem uma forte evidência de que o processo de excreção do chumbo pela via renal é essencialmente um processo de filtração glomerular. A extrapolação da curva da taxa de filtração glomerular plotada contra a taxa de excreção de chumbo

resultou em excreção de chumbo 0 a uma filtração 0. Ainda não foi definida a forma com que o chumbo aparece na urina. Um estudo sugere que a forma pela qual o chumbo aparece na urina depende do tipo de exposição ao chumbo: se normal ou elevado. Desta forma, em pessoas que trabalham com chumbo, com uma alta taxa de excreção de chumbo pela via urinária, constatou-se que apenas metade a 2/3 do chumbo urinário pode precipitar através de agentes precipitantes, tais como o oxalato, fosfato ou carbonato. Por contraste, virtualmente todo o chumbo encontrado na urina das pessoas sujeitas a uma exposição normal ao chumbo pode ser co-precipitado (Deinischiotu et al., 1960). Isto indica o aparecimento de espécies de quelatos de chumbo com exposição elevada. Os corpos de inclusão nuclear ou complexos chumbo-proteínas foram encontrados na urina de crianças que sofriam de envenenamento por chumbo a nível agudo (Landing & Nakai, 1959).

Nada se sabe sobre o índice de excreção biliar de chumbo no homem.

É extremamente difícil estimar a meia vida biológica do chumbo. A crescente disponibilidade dos principais armazenamentos de chumbo nos tecidos ósseos torna virtualmente impossível descrever a taxa de perda do corpo em termos simples. Pelo menos, está claro que, no ser humano, a excreção de meia carga de chumbo no organismo levaria vários anos.

8. Efeitos do chumbo no homem - Estudos Epidemiológicos e Clínicos

Foram publicados dois tipos de estudos caracterizando os efeitos de chumbo no homem:

- estudos retrospectivos das causas da mortalidade e morbi-
dez nas populações expostas ao chumbo comparadas com as
populações não expostas, e
- estudos dos efeitos do chumbo sobre órgãos e sistemas es-
pecíficos.

As descobertas deste dois tipos de estudos serão considera-
das separadamente.

Em ambos os casos, o principal objetivo será estabelecer, a
tê onde for possível, a dose ou exposição ao chumbo que estiver
associado com efeitos especificados e a frequência de tais efei-
tos.

Do ponto de vista toxicológico, "a dose deve ser definida co-
mo a quantidade ou concentração de um dado produto químico no
local do efeito, isto é, onde sua presença leva a um determina-
do efeito" (Nordberg e d., 1976). É difícil aplicar esta defi-
nição porque a dose conforme se define acima só muito raramen-
te pode ser mensurada diretamente e tende ser estimada de diver-
sos modos. Nos experimentos, ela é estimada a partir de quan-
tias injetadas ou ingeridas ou de aplicações dérmicas ou tópicas
(usando-se fatores de absorção adequados ou fatores de distri-
buição corpórea). Nos experimentos sobre inalação, estima-se, a
partir da concentração avaliada no ar, o tempo de exposição e
os fatores (se disponíveis) de absorção, deposição e retenção.
As mesmas considerações se aplicam a estimativa de dose da ex-
posição ocupacional, onde, além da inalação, a possível exposi-
ção dérmica, a ingestão durante as horas de trabalho e a exposi-
ção à qual os trabalhadores estão sujeitos como membros da popu

lação em geral devem ser levadas em consideração. A dose para a população em geral é estimada a partir da inalação do ar, ingestão de alimentos, água e outras bebidas, e diversos contatos, incluindo-se drogas e produtos de consumo, fumo, e nas crianças, ingestão de terra, poeira sedimentada e fragmentos de tinta de parede. Uma maneira mais direta de se avaliar a dose é feita através da avaliação nos tecidos e fluidos do corpo tais como sangue, urina, fezes, suor ou cabelo. Outros órgãos, tecidos, células e elementos sub-celulares podem ser usados para este fim em experimentos com animais ou no material colhido de autópsia ou biópsia.

Embora os efeitos biológicos do chumbo no homem tenham sido caracterizados até certo nível de detalhe, raramente se conhecem as doses exatas de chumbo responsáveis pelos efeitos. Com todas estas deficiências reconhecidas, o nível de Pb-B é o elo vital entre a exposição e o efeito. No capítulo 6, fez-se um esforço para definir, até onde era possível, a inter-relação entre o chumbo no ar e na dieta e os níveis de Pb-B. O principal objetivo deste capítulo é estabelecer a inter-relação entre os níveis de Pb-B e os efeitos biológicos. Somente desta maneira será possível estimar as possíveis conseqüências biológicas de níveis específicos de chumbo no meio ambiente.

Alguns efeitos biológicos do chumbo estabelecem uma relação íntima com os níveis de Pb-B, que os causam, outros não o fazem. Desta forma, o grau de inibição ALAD no sangue periférico cresce ou diminui, contribuindo mais ou menos, de acordo com o nível de Pb-B, enquanto que alguns efeitos renais de chumbo são a conseqüência da exposição ao chumbo que possa ter ocorrido num ponto remoto no tempo e que não é refletido no nível de Pb-B na ocasião em que o efeito se manifestou clinicamente pela primeira vez. A fidelidade com o nível de Pb-B reflète as concentrações de chumbo nos órgãos-alvo está sujeita a sérios problemas de erro analítico conforme se descreve no capítulo 3.

Além destas considerações há também o problema adicional da variação da suscetibilidade inerente aos indivíduos e a influência de variáveis co-existentes que podem modificar esta suscetibilidade, tais como status nutricional, idade e presença ou ausência de moléstias tais como o alcoolismo. Diante de todas as razões acima, o nível de Pb-B não pode ser usado como um indicador confiável de dose ou exposição ao se lidar com pacientes individuais. Eles devem ser usados apenas na avaliação das exposições de grupos populacionais quando seus efeitos podem ocorrer em uma determinada proporção de indivíduos.

Outros testes para avaliar a dosagem foram propostos, por exemplo, a excreção de chumbo em resposta a agentes quelantes. Sem levar em conta os méritos potenciais e as aplicações especiais, a maioria das informações referentes aos efeitos da dose na saúde foi obtida através da utilização de níveis de Pb-B como uma estimativa ou índice de dosagem.

8.1 - Estudos retrospectivos de populações expostas ao chumbo

8.1.1 - Epidemiologia do envenenamento por chumbo na indústria

Em muitos países tem havido, nos últimos 40 anos um considerável progresso no que tange as condições higiênicas nas indústrias que trabalham com chumbo. A exposição dos operários ao chumbo foi consideravelmente mais alta antes de 1930 do que após. No Reino Unido, o número de casos publicados sobre envenenamento caiu significativamente na década de 1920/30 (Lane, 1964). Quanto a estes antecedentes, será útil considerar os estudos de Dingwall-Fordyce & Lane (1963). Eles descobriram uma incidência de morte devido a doenças cerebrovasculares mais alta do que a esperada entre homens sujeitos a intensas exposições ao chumbo no passado. Os homens estudados aposentaram-se entre 1926 e 1960. Todos aqueles operários estudados tinham pelo menos 25 anos de serviço. Os homens pertencentes a categoria de

exposição intensa tinham uma concentração média de chumbo na urina de 100-250 $\mu\text{g}/\text{l}^a$ durante os últimos 20 anos de emprego. Os homens pertencentes ao grupo de exposição moderada tinham concentrações de chumbo na urina dentro da escala normal. O terceiro grupo não sofrera exposição. Conforme se pode observar através da tabela 22 as mortes verificadas no grupo de exposição intensa, causadas por doenças cerebrovasculares (hemorragia cerebral, trombose e artêreo-esclerose) atingiram um nível muito mais alto do que o normal.

Tabela 22 - Mortes causadas por doenças cerebrovasculares em operários aposentados e ativos da indústria do chumbo*

Cate- goria	Ano da Morte	Grau de Exposição					
		Nenhum		Médio		Intensa	
		Incidência Esperada	Incidência Observada	Incidência Esperada	Incidência Observada	Incidência Esperada	Incidência Observada
Aposen- tados	1926-50	0,7	0	0,2	3	0,8	5
	1951-61	7,2	6	3,2	3	8,5	19
	1926-61	7,9	6	3,4	6	9,3	24**
Ativos	1946-61	3,2	3	3,1	3	5,6	9

* Adaptado de Dingwall-Fordyce & Lane, 1963.

** $P < 0,001$.

Os dados também sugerem que neste grupo a taxa excessiva de mortes foi mais pronunciada entre os homens que se aposentaram antes de 1951 quando as condições de exposição eram provavelmente piores do que se verificaram mais tarde. No mesmo estudo, descobriu-se que a taxa de mortalidade resultante de neoplasmas malignos não estava acima da taxa esperada em nenhum grau de exposição. Infelizmente a incidência de morte motivada por nefrite crônica não foi registrada. Uma pesquisa

^a 100 $\mu\text{g}/\text{l}$ correspondem a um nível de Pb-B de aproximadamente 60 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ e 250 $\mu\text{g}/\text{l}$ correspondem a um nível de Pb-B de aproximadamente 120 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (Williams et al., 1969).

muito similar foi relatada por Malcolm (1971) na qual os indivíduos estudados tinham sido expostos com muito poucas exceções ao chumbo a níveis moderados (nível médio de Pb-B - $65\mu\text{g}/100\text{ ml}$). Não houve mortalidade em excesso estatisticamente significativo em quaisquer seguintes categorias de doença: doença do coração, doença do peito, acidentes cerebrovasculares, câncer, doença renal, e "diversas".

Um recente estudo americano está em acordo com as conclusões de investigadores britânicos no que se refere ao longividade e causa mortis nas indústrias de chumbo como elas vêm operando nos últimos 25-30 anos (Tabershaw & Cupper, 1974; Cupper & Jaffrey, 1975). As pessoas estudadas eram 1356 trabalhadores empregados em indústrias de baterias de chumbo e fornos que derretiam chumbo de 1946 a 1970. Tanto os níveis de chumbo no sangue como a excreção de chumbo pela via urinária eram muito altos. Por exemplo, 78,7% dos operários que trabalham nos fornos tinham níveis de Pb-B de $80\mu\text{m}/100\text{ ml}$ ou mais, de 1946 a 1961. A cifra era ainda de 13,5% após 1965 (489 foi o número total de trabalhadores amostrados). A percentagem de trabalhadores na indústria de baterias com níveis de Pb-B acima disto foi um pouco mais baixa mas para todas as diversas categorias de duração de emprego e tipo de trabalho, 81,5%-95,7 % dos níveis de Pb-B eram iguais ou maiores que $40\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Cerca de 50% dos operários estavam empregados a mais de 10 anos. A mortalidade total neste grupo era aproximadamente a mesma que a da população em geral. Os autores concluíram que não havia evidência de que o trabalho associado com o chumbo umentava o risco de morte devido às principais categorias de doenças cardiovasculares e renais. Entretanto, quando as doenças renales crônicas (nefrite crônica ou outras escleroses renais) foram segregadas como causa mortis separadas, pareceu haver um excesso significativo de morte. Assim, entre os trabalhadores que operavam os fornos, a proporção das mortes observadas para as mortes esperadas foi de 7:2,8 e entre os trabalhadores de indústria de bateria a proporção foi de 14:8,6. Encontrou-se uma associação similar para uma categoria de morte classifica-

da como "outra doença hipertensiva": 7:1,9 entre operários de forno e 13:6,3 entre trabalhadores da indústria de baterias. Para as duas categorias de doenças eleva-se para 21 as mortes em excesso das 1267 para as quais se listou a causa das mortes. Os autores enfatizam que muitos dos trabalhadores no grupo de estudo eram provavelmente expostos a concentrações de chumbo no ar muito acima de $0,15 \text{ mg/m}^3$.

Tabela 23 - Conteúdo de chumbo na urina e no sangue de pessoas incluídas no estudo Wenatchee de acordo com a intensidade de exposição*.

Grupo	Conteúdo de chumbo na urina			Conteúdo de chumbo no sangue		
	Nº de Análises	Média $\mu\text{g/litro}$	D.P. $\mu\text{g/litro}$	Nº de Análises	Média $\mu\text{g/litro}$	D.P. $\mu\text{g/litro}$
Baixa exposição						
homens	146	35	21	148	26	11
mulheres	123	28	19	124	26	10
Exposição Intermediária						
homens	102	43	30	108	30	11
mulheres	25	27	15	27	22	10
Exposição Elevada						
homens	386	88	60	329	44	16
mulheres	61	46	25	58	34	13
Crianças menores e 15 anos						
meninos	81	53	39	17	37	15
meninas	65	54	40	14	36	10

* De Neal et al. (1941).

Embora a maioria dos estudos epidemiológicos sobre exposição ocupacional tenha sido realizado com populações industriais, publicou-se um extenso estudo sobre operários de pomar na área de Wenatchee no estado de Washington (Neal et al., 1941).

Este estudo foi um tanto complicado pelo fato de que a exposição se referia ao arseniato de chumbo. Tendo em vista a toxicidade do arsênico incluíram-se nos estudos as toxicidades combinadas no chumbo e no arsênico em animais. Não se encontrou nenhum sinergismo nos animais estudados (Fairhall & Miller, 1941). As concentrações de chumbo no sangue dos trabalhadores em pomares, bem como de suas famílias estão sumariadas na tabela 23.

Este estudo pode ter sido tosco em comparação com alguns mais recentes mas ele teve um mérito um tanto único de examinar os efeitos sobre a saúde não apenas em homens, mas também em mulheres e crianças. Além disso, os níveis de exposição, conforme refletidos nos dados sobre urina e sangue da tabela 23 foram apenas um pouco mais altos do que o limite superior aproximado para as pessoas que moram em cidade altamente poluídas hoje. O estudo levava em consideração o peso, a pressão arterial, as doenças do sistema cardiovascular, doenças da pele, irritação dos olhos, doenças nervosas crônicas, discrasia do sangue, doenças renais, doenças neoplásicas e fertilidade. Não houve nenhuma evidência, com base nos dados disponíveis naquela época, que o perfil de saúde dessas pessoas fosse diferente daquele verificado na população em geral.

Em 1968, realizou-se um estudo de acompanhamento sobre pessoas que tinham participado no estudo original (Nelson et al., 1973). Mais de 97% dos participantes originais foram localizados. Houvera 452 mortes entre os 1.231 participantes originais. Usou-se o método de análise da tabela de vida da proporção padrão de mortalidade. A mortalidade global foi inferior a média para o estado de Washington. As proporções padrão de mortalidade dos grupos expostos não foram consistente com o gradiente de exposição. O padrão de mortalidade para a duração crescente de exposição não foi consistente tampouco.

8.1.2 - Epidemiologia do envenenamento por chumbo na população adulta em geral

Não se realizaram ainda estudos adequados da inter-relação entre a exposição ao chumbo e o estado de saúde na população adulta em geral. As limitações que se aplicam a estudos epidemiológicos dos grupos ocupacionais são ampliadas quando aplicadas a população em geral. A gama dos níveis de exposição é menor entre sub-grupos da população adulta em geral e seus perfis sócio-econômicos, psicológicos e sanitários são provavelmente mais diversos.

8.1.3 - Epidemiologia do envenenamento por chumbo em crianças

Existe apenas um estudo sobre a taxa de mortalidade em geral e a morbidez de doença específica em crianças expostas ao chumbo. O estudo Wenatchee mencionado no capítulo 8.1.1 incluiu 146 crianças menores de 15 anos. Quanto aos adultos neste estudo não se observou nenhum padrão anormal de incidência de doenças. Estas crianças tinham sofrido exposição ao chumbo moderadamente alta (ver tabela 23).

9. AVALIAÇÃO DOS RISCOS A SAÚDE NO HOMEM PROVENIENTE DA EXPOSIÇÃO AO CHUMBO E SEUS COMPOSTOS.

Avaliação dos riscos a saúde no homem proveniente da exposição ao chumbo e seus compostos envolve as seguintes considerações:

- (1) a importância das diferentes fontes ambientais de chumbo e vias da exposição;
- (2) a probabilidade da ocorrência de efeitos biológicos a níveis diferentes e taxas de ingestão do chumbo;
- (3) a importância na saúde humana dos diversos efeitos biológicos conhecidos do chumbo;
- (4) a validade e as limitações dos diversos indicadores da exposição ao chumbo e dos efeitos resultantes.

Estas considerações foram utilizadas para se chegar as conclusões que estão sumariadas neste capítulo.

9.1 - Contribuições relativas do ar, alimentos, água, e outras exposições para a ingestão total

9.1.1 - Membros adultos dos grupos populacionais em geral

Para a população em geral a principal contribuição de chumbo para a ingestão diária total provem de alimentos, mas a água e o ar podem dar contribuições significativas sob certas condições. Deve-se levar em consideração à parte as pessoas expostas ocupacionalmente nas quais tanto a ingestão total de chumbo como as contribuições relativas da dieta e do chumbo suspenso no ar são muito diferentes.

A inalação do chumbo suspenso no ar contribui comparativamente pouco para o nível de Pb-B na população em geral. Isto provem do fato de que a concentração de chumbo no ar ambiental raramente excede $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ quando tirada a média durante meses e com base nas conclusões obtidas no capítulo 6 de que a contribuição de chumbo suspenso no ar para os níveis de Pb-B está provavelmente dentro da faixa de 1,0 até cerca de $2,0 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ para cada $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar. Embora a deposição e a retenção das diferentes formas de chumbo no ar possam variar, as estimativas de níveis de Pb-B provenientes das concentrações de chumbo no ar são similares para o ar ambiental e para o ar no ambiente de trabalho.

Mesmo que se presuponha uma concentração de $1 \mu\text{g}$ de chumbo por m^3 contribua com $2,0 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ de sangue e que a concentração de chumbo no ar ambiental atinja $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a contribuição total de chumbo suspenso no ar não excederia $9,0 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Isto ainda é menor do que $2/3$ do valor estimado por uma Comissão de Especialistas da OMS (1973). A discrepância é proveniente das diferentes abordagens utilizadas para fazer a estimativa. A estimativa da Comissão de Especialistas da OMS foi baseada em cifras de deposição pulmonar obtidas pelo modelo ICRP (Grupo Tarefa de Dinâmica Pulmonar, 1966). Entretanto, o modelo pulmonar ICRP provavelmente superestima a deposição de partículas menores que $0,5 \mu\text{m}$ (diâmetro aerodinâmico) (Mercer, 1975), e a suposição de que todo o chumbo que é depositado é absorvido é também, provavelmente, incorreta.

A ingestão dietética de chumbo varia com os hábitos alimentares e com o conteúdo de chumbo das fontes hídricas. A maioria das estimativas provenientes de diversos países indica que a ingestão de chumbo diária, pela via oral, através de alimentos em adultos, oscila de aproximadamente $100 \mu\text{g}$ a mais de $500 \mu\text{g}$; a maioria dos estudos indica uma ingestão de chumbo resultante de fontes dietéticas da ordem de $200-300 \mu\text{g}/\text{dia}$. Correlacionando-se os níveis de chumbo no sangue à ingestão de chumbo oral, diária, conhecida pode-se sugerir que cada $100 \mu\text{g}$ da in

gestão diária pela via oral contribuem com cerca de 6-18 μg de chumbo/100 ml de sangue. Entretanto esta fonte de chumbo é responsável por uma fração muito grande nos níveis de chumbo no sangue encontrados na população adulta em geral com valores de Pb-B abaixo de 25 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

A quantidade de ingestão de chumbo diretamente relacionada com o conteúdo de chumbo da água potável é difícil de se estimar. Supondo-se uma concentração de chumbo na água potável de 50 $\mu\text{g}/\text{l}$ (que é o limite superior geralmente encontrado na ausência de tubos de chumbo ou outros fatores que contribuem com o chumbo) e uma ingestão diária de um litro de água, 50 μg da dieta total de chumbo poderiam estar presentes na água. Isto pode ser considerado como limite superior mas também deve ser ressaltado que o chumbo contido na água e ingerido independentemente de alimentos pode ser absorvido mais rapidamente e pode dar uma contribuição relativamente maior para os níveis de chumbo no sangue do que o chumbo nos alimentos.

Ao se avaliar as contribuições relativas dos níveis de Pb-B no ar e na dieta, chamamos atenção para a possibilidade de que o ar possa ser uma fonte significativa de chumbo dietético através da queda de elementos da atmosfera. Entretanto não existe dados para confirmar esta suposição.

A cerâmica vitrificada inadequadamente e whisky ilegal tem sido citados como fontes potenciais de exposição excessiva ao chumbo aos membros da população em geral.

Fumar um maço de 20 cigarros resultaria em uma inalação direta de aproximadamente 1-5 μg de chumbo, isto porém indica apenas a ordem de grandeza.

9.1.2 - Crianças

As crianças em idade pré-escolar constituem um grupo de alto risco no que se refere a ingestão e absorção de chumbo. As contribuições relativas dos alimentos, água e ar são difíceis de se estimar por causa das dietas diferentes (por exemplo o leite) e a taxa metabólica mais ativa das crianças. Igualmente a absorção intestinal do chumbo verificada nas crianças, e, em especial por aquelas ainda em tenra idade pode ser maior do que nos adultos. A ingestão tolerável de chumbo para crianças em idade pré-escolar deve ser menor do que 3 mg/semana, recomendada temporariamente para adultos pela Comissão de Especialistas em Aditivos Alimentares da OMS (1972). Um risco especial que as crianças correm é a inges-tão de elementos não comestíveis, especialmente a tinta de superfícies nas casas e a poeira e terra contaminadas por chumbo.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

CHUMBO: POLUIÇÃO AMBIENTAL

* Diogo Pupo Nogueira

** Jorge da Rocha Gomes

- * Professor Livre Docente do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
- ** Professor Assistente Doutor do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo

CHUMBO: POLUIÇÃO AMBIENTAL

1. INTRODUÇÃO
2. METABOLISMO DO CHUMBO NO HOMEM
 - 2.1. Absorção
 - 2.2. Distribuição
 - 2.3. Excreção
3. EFEITOS DO CHUMBO NO HOMEM
 - 3.1. Sistema hematopoético
 - 3.2. Sistema nervoso
 - 3.3. Sistema renal
 - 3.4. Outros sistemas
 - 3.5. Saturnismo
4. O CHUMBO COMO POLUENTE DO AR
 - 4.1. Algumas fontes de chumbo no ambiente
 - 4.2. Política preventiva
5. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUÇÃO

Mesmo conhecendo a larga distribuição do chumbo no meio ambiente e sua tendência a aumentar, pelos avanços tecnológicos, pouco se sabe a respeito dos efeitos deste elemento sobre a saúde em exposições extra-laborativas. Por este motivo, tais efeitos serão estudados a partir, principalmente, das intoxicações profissionais conhecidas desde a época de Hipócrates, que foi o primeiro a descrever uma cólica abdominal devida ao chumbo. Mas o uso do metal já é muito mais antigo, havendo sido descoberta uma estatueta de chumbo, provavelmente feita 3000 anos antes de nossa era. Os antigos caldeus o denominaram Saturno, associando o nome do mais velho dos metais ao do pai dos deuses. Por isto, a intoxicação profissional ocasionada pelo chumbo também é chamada de saturnismo.

Os romanos desenvolveram consideravelmente a utilização do chumbo generalizando seu emprego nos encanamentos de abastecimento de água e nos recipientes para condimentos e bebidas. Consta até, que a absorção deste chumbo por parte das elites romanas, que eram as que dispunham destas facilidades domésticas, foi uma das principais causas da queda do poderoso império romano.

Atualmente, o chumbo é utilizado numa série de operações industriais, algumas com maior, outras com menor perigo, mas sempre envolvendo algum risco de intoxicação e de poluição ambiental.

Em 1968 o consumo de chumbo em kg por habitante na França foi de 3,59 e nos Estados Unidos de 4,00. Em 1972 o Brasil consumiu 26.368.332 kg de chumbo. Além da indústria de extração e de fundição, o chumbo é utilizado em acumuladores elétricos, funilaria de automóveis, tratamento térmico, pigmentos para tintas, condutores elétricos, construção civil, aditivo para gasolina, chumbos de caça, cerâmica, indústria gráfica, solda, aditivos para plásticos, pesticidas, etc. É oportuno ainda, lembrar, que algumas embalagens destinadas a bebidas e produtos alimentares contêm chumbo, como por exemplo, as cápsulas usadas na vedação das bebidas, tubos de dentifrícios, tintas, queijo fundido, maionese, etc. (SPINOLA e col.).

Com tantos usos e sabendo o risco que acarretam,

não é de se admirar que o saturnismo seja a doença profissional ' que mais tem preocupado os especialistas. Embora sua incidência tenha diminuído nos países mais industrializados, o seu interesse se mantém porque a ocorrência nos países em desenvolvimento ainda é muito elevada e, também, pela crescente importância que o chumbo vem tendo como poluente ambiental, como será visto mais adiante.

2. METABOLISMO DO CHUMBO NO HOMEM

2.1. Absorção

O chumbo penetra no organismo através da via respiratória e digestiva, ou seja, pela respiração e pela alimentação. A via cutânea é negligenciável, pois só passa a ter importância nos raríssimos casos de acidentes ' com chumbo-tetraetila e não será analisada neste trabalho.

Na população geral há, usualmente, uma ingestão de 150 a 300 µg de Pb dos quais 20 µg por via respiratória e o restante por via digestiva. (FERNICOLA e AZEVEDO) A absorção pela respiração tem importância especial face a grande área de contato entre o ar e o sangue através dos alvéolos pulmonares. MEININGER constatou que somente as partículas com diâmetro menor que 1 µm conseguem atravessar a barreira alveolo-capilar. As partículas restantes, que constituem 60 a 65 % do total inalado, são eliminados através da tosse, catarro, etc.

O mecanismo da passagem do chumbo, através da membrana alveolar, para o sangue parece estar ligado a uma solubilização das partículas ao nível do "tapete" sero-mucoso que forra a parede alveolar seguido de uma difusão para o interior dos capilares pulmonares. Há, ainda, as grandes células (macrófagos), que captam estas partículas estranhas, englobando-as através dos espaços intersticiais, penetra na circulação linfática e, posteriormente, sanguínea.

A percentagem de chumbo absorvido pela via digestiva é baixa, estando avaliada em 10%. Parece não estar

relacionada com a dose ingerida, mas sim com a idade e dieta. Neste sentido, as crianças e pessoas com dietas pobres em cálcio, absorvem proporcionalmente maior quantidade de chumbo. O mecanismo pelo qual o chumbo consegue atravessar a mucosa intestinal para passar ao sangue ainda é mal conhecido, porém há indícios que se trata de simples difusão através das membranas celulares (WORLD HEALTH ORGANIZATION).

2.2. Distribuição

O chumbo que penetrou na corrente sanguínea circula em mais de 90% ligado à membrana dos glóbulos vermelhos e o restante sob a forma livre, podendo localizar-se em qualquer órgão. Este chumbo circulante tem afinidades diferentes pelos diversos tecidos com uma preferência acentuada pelo tecido ósseo, onde permanece cerca de 95% do chumbo absorvido. Esta fixação do chumbo ao tecido ósseo se faz ativamente através das membranas celulares, ou seja, há uma passagem do chumbo do sangue para o osso mesmo quando a concentração do metal no sangue é muito menor que no osso. O chumbo não fixado nos ossos é distribuído para outras áreas do organismo, como cérebro, rim, fígado, músculos, dentes, medula óssea, podendo transpor a barreira placentária e atingir o feto.

2.3. Excreção

O chumbo circulante é eliminado, principalmente, através do rim. As demais vias como secreção gastrointestinal, cabelo, suor, unhas e saliva em conjunto conseguem eliminar no máximo 20% do total diário. Há evidências de que o mecanismo de excreção é essencialmente de filtração glomerular e o aparecimento do chumbo na urina depende de uma série de fatores como tipo e tempo de exposição, condições renais, etc. Não se conhece a proporção de excreção biliar mas é tida como insignificante.

3. EFEITOS SOBRE O HOMEM

3.1. Sistema hematopoético

O efeito do chumbo sobre o sangue se faz de diversas maneiras: alterando diretamente o glóbulo vermelho circulante pela fixação sobre sua membrana; anomalias eritrocitárias por deficiência da medula óssea (lesões ribosômicas e mitocondriais); anomalias na maturação das células formadoras das hemácias; perturbação na síntese da hemoglobina.

Estas alterações levam à anemia, seja por redução da duração da vida das hemácias, seja por inibição da síntese da hemoglobina. Ocorrem por ação do chumbo sobre ' as enzimas que agem na passagem de uma etapa para outra ' no processo de biossíntese do heme. A atividade destas ' enzimas pode ser medida, como por exemplo, a âcido δ amino levulínico desidratase (δ ALA D). Esta ação inibidora do chumbo sobre as enzimas ocasiona alterações sanguíneas que podem ser avaliadas através de exames laboratoriais que são muito úteis no controle dos expostos, assim como outros exames que estão relacionados na tabela 1. (AZEVEDO e cols.)

Tabela 1 - Alguns parâmetros normais de exposição ao chum
bo

Parâmetro	Normal
- Chumbo no sangue	até 40 g/ 100ml
- Chumbo na urina	até 80 g/ litro
- Ácido δ amino levulínico na urina ALA D	até 0,6 mg/ 100ml
- Coproporfirina urinária	até 150 g/ litro

A concentração do chumbo no sangue e na urina indicam o grau de absorção mas não um efeito tóxico. As alterações enzimáticas são sinais de intoxicação. A dosa gem he protoporfirina livre ou ligada ao zinco (zincoprotoporfirina) dá uma informação muito precoce dos efeitos tóxicos do metal mesmo quando os outros exames ainda es

tão na faixa de normalidade. Estas alterações são encontradas mesmo com concentrações baixas de chumbo no sangue e, por isto, tal exame reveste-se de particular importância no controle de populações expostas em ambientes com 'pequeno teor de chumbo no ar.

Como consequência das alterações da hematopoese, o paciente apresenta o quadro clínico de uma anemia verminótica do personagem Jeca Tatu: indisposição para o trabalho, fadiga fácil, redução da força muscular, sonolência, palidez, certa lentidão de raciocínio, etc.

Estes sintomas refletem-se diretamente na produtividade de uma população mesmo em estágios bem iniciais. É comum o operário de uma fábrica de acumuladores, por exemplo, queixar-se ao médico:

- "Doutor, não sei o que tenho mas antigamente eu empastava 500 placas e agora só consigo atingir no máximo - 100 e assim mesmo fico muito mais cansado".

3.2. Sistema nervoso

Persistem muitas dúvidas sobre a ação do chumbo sobre o sistema nervoso, mas alguns efeitos já estão bem conhecidos. Os efeitos sobre o cérebro, embora possam ocorrer em adultos, incide com maior frequência e gravidade em crianças.

O quadro clínico é o de uma encefalopatia: irritabilidade, tremores musculares, alucinações, perda de memória e dificuldade de concentração. Tais sintomas podem progredir para delírio, manias, convulsão, paralisia e coma, podendo evoluir para o óbito por edema e hemorragia cerebral.

Nos episódios menos graves há recuperação, mas podem ocorrer seqüelas muito sérias como atrofia cortical, hidrocefalia, convulsões e idiotia que são particularmente dramáticas nas crianças e que envolvem onerosos cuidados de reabilitação.

Testes de inteligência aplicados em população jovem (3 a 15 anos), mostraram que o QI ajustado para idade do grupo com concentração de 40-60 µg Pb sangue era bem

menor do que o do grupo cuja média de Pb μ g sangue era menor que 40 μ g (WORLD HEALTH ORGANIZATION).

Além desta ação sobre o sistema nervoso central, o chumbo também afeta os nervos periféricos. A velocidade de condução nervosa está reduzida, prejudicando as funções motoras, podendo chegar até a paralisias (KEHOE)

3.3. Sistema renal

Como já foi visto, o rim é o principal órgão excretor do chumbo do organismo, através provavelmente de uma filtração glomerular e uma excreção tubular. As principais lesões encontradas são inclusões intranucleares de células tubulares marginais, modificações de mitocôndrias com alterações de oxidação e fosforilação e alterações de reabsorção de aminoácidos.

Tais lesões levam a anormalidades de função renal como: aminoacidúria, hipofosfatemia com hiperfosfúria e glicosúria (HERNBERG).

Exposições prolongadas ocasionam a doença conhecida como nefropatia crônica devida ao chumbo, caracterizada por: desenvolvimento lento de um rim contraído com alterações arterio escleróticas, fibrose intersticial, atrofia glomerular e degeneração hialina vascular. Estas anormalidades podem ocasionar uma grave insuficiência renal com eventual desenlace fatal.

HENDERSON estabeleceu relação entre crianças com nefropatia crônica e exposição ao chumbo: necrópsias revelaram que os portadores da nefropatia também apresentavam níveis ósseos de chumbo elevados.

A nefropatia crônica devida ao chumbo também tem sido associada ao aparecimento de gota.

3.4. Outros sistemas

A cólica intestinal é a repercussão mais importante sobre o aparelho digestivo. Nas intoxicações agudas é o sintoma mais importante, levando o paciente a procurar socorro médico. Nestas intoxicações agudas, a cólica poderá ser tão dramática que mesmo médicos experienta

dos podem ser levados ao diagnóstico de quadro abdominal cirúrgico, uma vez que a medicação usual antiespasmódica é ineficaz; há certa rigidez muscular, cessa o trânsito intestinal e aparecem vômitos. E, é bem possível que tenham ocorrido intervenções cirúrgicas desnecessárias e, o que é pior, agravando a enfermidade.

Os efeitos sobre o fígado são desconhecidos e os trabalhos que referem alterações enzimáticas não são conclusivos.

A hipertensão arterial é o sinal mais freqüente do dano cardiovascular ocasionado pelo chumbo, estando também correlacionado com a nefropatia crônica.

Há dados sugestivos de ação do chumbo sobre o coração, pois alterações eletrocardiográficas em intoxicados, desaparecem após o tratamento do saturnismo.

Na reunião sobre chumbo realizada em Genebra, há relatos de abortos e óbitos fetais em operárias expostas ao chumbo. Disfunções ovarianas também foram descritas, assim como baixa fertilidade masculina e asteno, hipo e teratospermia. World Health Organization¹⁰

O sistema endócrino também pode ser afetado pelo chumbo especialmente tireóide e supra-renal. Não há evidência de que o chumbo possa causar câncer ou efeitos teratogênicos no estado atual do conhecimento dos efeitos deste metal no homem, embora alterações cromossômicas tenham sido encontradas. O chumbo depositado no osso não ocasiona maior dano, embora possa ser constatado radiologicamente.

3.5. Saturnismo

Como se teve oportunidade de verificar, os efeitos do chumbo são muito polimorfos. As fases iniciais da doença constam exclusivamente de queixas vagas e subjetivas como fraqueza, mal-estar, dores nos membros inferiores, dificuldades para dormir, certa irritabilidade, gosto metálico na boca. O quadro evolui com manifestações gastrointestinais, neurológicas, renais, cardiovasculares já estudadas.

O tratamento é feito através de medicação quelante (sal-di-sódico de ácido etilenodiamintetra-acético ou penicilamine). O prognóstico quando não existem lesões neurológicas é bom com recuperação completa. Quando há encefalopatia, o prognóstico é reservado, pois quando não é fatal deixa seqüelas graves de difícil tratamento de reabilitação e com poucas chances de recuperação laborativa plena.

4. O CHUMBO COMO POLUENTE DO AR

4.1. Algumas fontes de chumbo no organismo

Como ficou verificado, o chumbo oferece sérios riscos à saúde humana e a vasta quantidade de evidência clínica e epidemiológica obtida nos casos de exposição profissional a esse metal não deixa dúvida quanto a esse fato.

É natural, portanto, que se indague com seriedade, se a exposição de populações inteiras - crianças, adultos e mulheres grávidas - ao ar poluído pelo chumbo pode tam**be**m condicionar alterações da saúde. Essa indagação é tanto mais importante quando se considera que, ao contrário do trabalhador que se expõe ao metal tóxico apenas durante a sua jornada de trabalho, a população em geral está exposta necessariamente, durante 24 horas por dia, ao chumbo existente no ar.

Todo ambiente em que vive a humanidade - a biosfe-
ra, está contaminada pelo chumbo, que atinge o organismo humano através dos alimentos, da água, do ar e, ainda, do fumo de cigarros. Assim, PATTERSON demonstra que os ha-
bitantes das grandes cidades estão expostos ao chumbo e este absorve segundo demonstra a Tabela 2.

No presente ítem não serão estudadas outras fon-
tes de exposição ao chumbo que não o ar.

SUBSTÂNCIA	Quantidade utilizada em 24 hs	Concentração em Pb	Pb penetra do $\mu\text{g}/\text{dia}$	Pb absorvido	
				%	$\mu\text{g} / \text{dia}$
Alimentos	2 kg	0,2 - 1,0 $\text{mg}/\text{kg}/\text{dia}$	400	5	20
Água	1 kg	0,01 - 1,0 $\text{mg}/\text{kg}/\text{dia}$	10	10	1
Ar	20 m	1,3 mg/m^3	26	40	10
Fumo	30 unid.	0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24	40	10
TOTAL			460		41 $\mu\text{g}/\text{dia}$

Nas cidades em geral, a principal fonte de poluição é constituída pelos veículos automotores, em decorrência do uso de um composto orgânico do chumbo, o chumbo tetra-etila, que é adicionado à gasolina como antidetonante. Dessa forma, o ar das cidades oferece maiores riscos que o de zonas rurais, como se verá a seguir.

PATTERSON⁸ admite que o ar "natural" contenha apenas 0,005 μg por metro cúbico de ar. Nas zonas rurais, - habitadas por seres humanos e onde já existe atividade de trabalho, esse valor é dez vezes maior, atingindo 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}$. O ar urbano, por força da emissão de chumbo pelo escapamento de veículos automotores, apresenta valores - bastante mais altos, que atingem 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}$.

Estudos ingleses² mostram que valores até de 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}$ podem ser encontrados em áreas urbanas, e que faria que cerca de 15 g de chumbo fosse retido no organismo a cada 24 horas. Estudos epidemiológicos parecem demons - trar que tais níveis de retenção não são suficientes para provocar o aparecimento de efeitos danosos sobre a saúde humana.

Os valores acima assinalados não são constantes pa - ra todo o mundo e a Organização Mundial da Saúde , em cui - dadoso estudo realizado em 1977, estabelecia que, em mē - dia, os valores de chumbo no ar são os seguintes:

Zonas remotas	0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Zonas rurais	0,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Zonas não urbanas	0,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Zonas urbanas	1,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nas zonas urbanas, a maior ou menor concentração de veículos automotores implica em aumento sensível dos valores observados. Assim, o mesmo documento assinala que em auto-estradas o ar pode conter 14 a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nas horas de maior movimento.

Um estudo feito no período de 1971-72, com 43 estações de monitoramento situadas em 27 cidades européias, revelou os seguintes resultados:

Áreas não urbanas	menos de 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como máximo diário
Pequenas cidades	menos de 2,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como máximo diário
Áreas metropolitanas	até 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como máximo diário

Um estudo feito no Japão, com 15 estações amostradoras, em 1973, revelou, nas áreas urbanas, os seguintes valores:

Máximo	2,72 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
Mínimo	0,01 $\mu\text{g} / \text{m}^3$
Médio	0,30 $\mu\text{g} / \text{m}^3$

Em Los Angeles, estudos feitos em 1965, revelaram que nas áreas de maior trânsito de veículos automotores, a concentração de chumbo no ar atingiu 6,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

É evidente, portanto, que nas áreas onde o número de veículos automotores seja grande, aumenta substancialmente a quantidade de chumbo no ar.

Se o chumbo existente na gasolina contamina de forma tão pronunciada a atmosfera das cidades, é extremamente importante considerar-se o que ocorre em relação à quantidade do ar quando, em determinada região geográfica, instala-se uma fundição de chumbo.

A Organização Mundial da Saúde¹⁰ informa, de maneira bastante evidente, que nas proximidades das fundições de chumbo, a quantidade de chumbo no ar aumenta de forma considerável, como se verá a seguir.

Em 1971, na cidade de El Paso, nos Estados Unidos, verificou-se que na vizinhança imediata de uma fundição

chumbo, a concentração desse metal no ar atingia $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. À medida que se afastava da fundição, esses valores diminuam, mas a 5 quilômetros de distância, a concentração ainda era de $1 \mu\text{g}$ por metro cúbico.

Estudo feito no vale de Meza, na Iugoslavia, em 1971, demonstrou que a 10 quilômetros de uma fundição de chumbo observava-se ainda a deposição de poeira de chumbo, sendo que 45% das partículas tinham diâmetro menor que $0,3 \mu\text{m}$. Como as partículas menores que $1 \mu\text{m}$ atingem os alvéolos pulmonares, verifica-se ocorrerem condições adequadas para a absorção do chumbo no ar pelo organismo.

Em 1973, na Finlândia, foi feito o estudo da deposição no solo de poeira de chumbo nas proximidades de uma fundição desse metal. A 200 metros de distância havia deposição de $10 \text{ mg}/\text{m}^3/\text{mês}$ e mesmo a 4 quilômetros de distância, a deposição era de $10 \text{ mg}/\text{m}^3/\text{mês}$.

A inalação dessa poeira contendo chumbo resulta, evidentemente, em absorção maior do metal. Assim, em Toronto, em 1974, verificou-se que crianças que moravam a 300 metros de distância de uma fundição, apresentavam valores maiores de $40 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ de chumbo no sangue, valores esses que devem ser considerados como de alarma. Por outro lado, o estudo finlandês referido acima, demonstrou que a população das áreas estudadas apresentavam aumento significativo do teor de chumbo no sangue e de inibições da deidrase alfaaminolevulínica, demonstrando que o organismo humano já estava sendo afetado.

Não resta, pois, nenhuma dúvida de que, nas proximidades de fundições de chumbo, há maior concentração desse metal no ar, com conseqüente risco das populações expostas.

Qual o efeito dessa maior absorção de chumbo pelas populações expostas?

No que se refere ao chumbo proveniente de veículos automotores, os estudos epidemiológicos não provam de maneira definida que tenha aumentado a carga corporal desse metal nas populações expostas; por outro lado, não se conseguiu provar que tal carga corporal seja nociva ou ino-fensiva.

No que concerne à maior concentração de chumbo no ar proveniente de fundições de chumbo, porém, sérias dúvidas ocorrem. Como as concentrações assinaladas são muito superiores às aquelas observadas no ar das áreas metropolitanas, existe, indubitavelmente, um risco nítido de efeitos danosos sobre as populações expostas.

A questão assume especial gravidade quando se considera o fato de que as crianças que moram nas áreas poluídas, são especialmente vulneráveis aos efeitos tóxicos do chumbo. Como bem o destaca MEININGER⁷, sempre que crianças estejam expostas ao chumbo, os seguintes fatores devem ser levados em conta:

1. A penetração do chumbo no organismo infantil relacionada ao peso em quilos, é proporcionalmente maior do que a dos adultos.
2. A absorção intestinal de chumbo por crianças é de 6 a 10% vezes maior que a dos adultos.
3. O chumbo absorvido deposita-se basicamente nos ossos, como já foi visto. Como a atividade do tecido ósseo na criança é maior que no adulto, a carga permutável de chumbo é, sem dúvida, maior.
4. As necessidades em oxigênio para consumo cerebral são maiores nas crianças.

Também a Organização Mundial da Saúde destaca que as crianças absorvem mais chumbo que os adultos sendo, por outro lado, mais susceptíveis aos seus efeitos tóxicos.

4.2. Política preventiva

É indiscutível que no estado atual dos conhecimentos dos efeitos do chumbo ambiental sobre a saúde humana, não se deve permitir que populações - e muito especialmente as crianças - fiquem expostas a valores muito elevados de chumbo no ar. Se essa restrição já se aplica aos centros metropolitanos, com muito mais razão se aplica às aquelas populações que vivem nas proximidades das fundições de chumbo onde, como já ficou visto acima, a concentração de chumbo no ar pode ser até oito vezes maior que a obser

vada nas áreas metropolitanas mais altamente poluídas pela emissão de veículos automotores.

Conclue-se, portanto, que somente deve ser permitida a instalação e o funcionamento de fundições de chumbo se houver possibilidade de se evitar a dispersão no ar de partículas de chumbo, especialmente daqueles cujo diâmetro seja menor que $1\text{ }\mu\text{m}$. Para isso, as seguintes medidas são aconselháveis:

1. Antes da instalação e funcionamento

- a) Deve-se determinar a concentração do chumbo no ar no local escolhido, em condições normais de trânsito de veículos automotores.
- b) Deve-se levar a efeito uma pesquisa epidemiológica sistemática, medindo-se a concentração de chumbo no sangue e o ácido deltaamino levulínico urinário de amostra estatisticamente significativa da população exposta, principalmente de crianças e mulheres grávidas.

2. Depois da instalação e funcionamento

- a) Deve-se determinar periodicamente a concentração de chumbo no ar e no local escolhido. Os valores previamente determinados não devem ser excedidos.
- b) Deve-se repetir periodicamente o estudo biológico da população, sendo que os valores médios determinados anteriormente não devem ser excedidos.

Dessa forma, poder-se-á garantir à população exposta às condições básicas necessárias para que não haja maiores riscos para a saúde.

5. BIBLIOGRAFIA

- 1 - AZEVEDO, F.A. et alli - Emprego de antagonistas em toxicologia. Ed. Toxikon. São Paulo, 1977, 68 p.
- 2 - CALLUM, R.I. Lead in environment: possible health effects on adults. In: Lead in the environment conference, London. Proceedings. London, Institute of Petroleum, - 1972. p. 43-51
- 3 - FERNÍCOLA, N.A.G.G. & AZEVEDO, F.A. Níveis de chumbo e a atividade da ácido δ Aminolevulinicodesidratase no sangue da população de São Paulo (Brasil). Ed. CETESB, - São Paulo, 1979.
- 4 - HENDERSON, D.A. The etiology of chronic nephritis in Queensland - Apud World Health Organization.
- 5 - HERNBERG, S. Lead In: ZENZ, C. Occupational medicine: principles and practical applications. Ed. Year Book Publishers, Chicago, 1975.
- 6 - KEHOE, R.A. A Intoxicação profissional pelo chumbo. Saúde Ocupacional e Segurança. (VII) 2: 18-28, 1973.
- 7 - HEININGER, M. Mise en cause du plomb et de ses dérivés. In: Environment la pollution par le plomb et ses dérivés, V.20. Ed. La Documentacion Française, Paris, 1974
- 8 - PATTERSON, C.C. - Contaminated and natural head enviroments of man. Arch. environm. Health. 11:344-360, 1965.
- 9 - SPINOLA, A.G. et al. Intoxicação Profissional por chumbo in MENDES, R. Medicina do Trabalho e Doenças Profissionais. Ed. Sarvia. S.Paulo, 1980.
- 10 - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Environmental Criteria 3, Lead Ed. WHO, Geneva, 1977. 160 p.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE OBRAS E DO MEIO AMBIENTE
COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

**12 NÍVEIS DE CHUMBO E ATIVIDADE DA ÁCIDO δ - AMINOLEVULINICODESIDRATASE
NO SANGUE DA POPULAÇÃO DE SÃO PAULO (BRASIL)**

10º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Manaus 21 a 26 de janeiro de 1979

promovido pela associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental - abes - seção do amazonas,
sob os auspícios da abes - nacional

NÍVEIS DE CHUMBO E ATIVIDADE DA ÁCIDO δ - AMINOLEVULINICODESIDRATASE NO SANGUE DA POPULAÇÃO DE SÃO PAULO (BRASIL)

• Nilda A. G. G. de Fernícola

• Fausto Antonio de Azevedo

• Chefe da Divisão de Toxicologia

• Farmacêutico Bioquímico da Divisão de Toxicologia

CEETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIOLOGIA

INTRODUÇÃO

O transporte e distribuição do chumbo a partir de fontes fixas ou móveis se realiza, principalmente, pelo ar. Apesar de grandes quantidades serem lançadas no solo e na água, o chumbo tende a se concentrar nas proximidades de tais descargas.

O chumbo lançado no ar em zonas de intenso tráfego cai, principalmente, na área metropolitana imediata. Uma porção de cerca de 20% é transportada pelo ar e amplamente dispersada. A permanência destas partículas no ar é da ordem de dias, sendo influenciada pela chuva.

Existem evidências de acumulação de chumbo em lugares extremamente distanciados de qualquer atividade humana, como por exemplo a zona glacial da Groelândia⁶.

A concentração de chumbo no ar varia entre 2 e 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nas áreas das grandes cidades; 0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nas áreas suburbanas e quantidades muito menores das áreas rurais³⁷.

O tráfego intenso aumenta o conteúdo de chumbo no ar⁶. Vários compostos de chumbo foram identificados nas emissões de automotores que empregam como combustível gasolina adicionada de chumbo^{22,32}: o bromocloreto de chumbo (PbClBr) em partículas de diâmetro entre 2 e 10 μm ; o cloreto de amônio e bromocloreto de chumbo ($\text{NH}_4\text{Cl} \cdot 2\text{PbCl} \cdot 2\text{NH}_4\text{Cl} \cdot \text{PbClBr}$) em partículas menores que 1 μm ; quantidades menores de sulfato de chumbo (PbSO_4) e uma mistura de óxidos e haletos de chumbo ($\text{PbO} \cdot \text{PbClBr} \cdot \text{H}_2\text{O}$). Em gases de emissão quentes, recolhidos no cano de escape, foram detectadas pequenas quantidades de $2\text{PbClBr} \cdot \text{NH}_4\text{Cl}$.

Quando agregados compostos de fósforo à gasolina, até 20% do chumbo emitido pode estar na forma de fosfatos halogenados: $3\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{PbClBr}$.

Quantidades pequenas de chumbotetraetila e de chumbotetrametila, que foram adicionados à gasolina, podem passar para a atmosfera pelo escape do carburador e do combustível. Estes compostos orgânicos são menos voláteis do que a gasolina.

Um dos mais recentes objetivos da Comunidade Econômica Européia foi reduzir a partir de primeiro de janeiro de 1978 o conteúdo de chumbo da gasolina especial para 0,4 g/l

...sos, de 92 a 95% do total absorvido.

A Figura 1 apresenta um esquema de absorção e distribuição do chumbo no organismo.

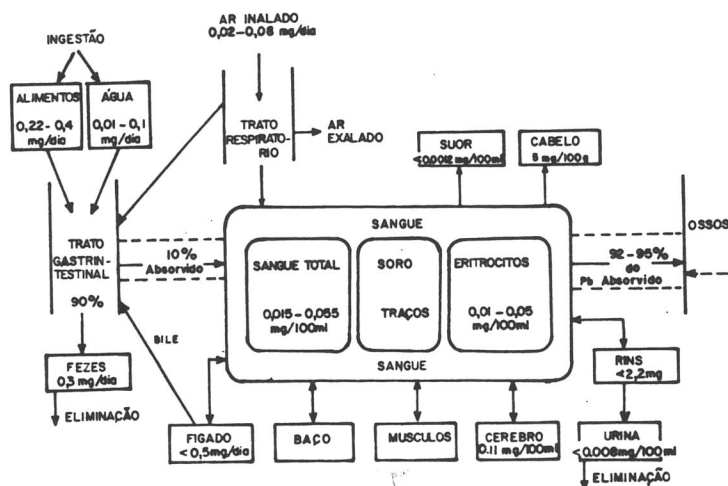


FIGURA 1 - Absorção e distribuição do chumbo no organismo a partir da sua inalação e ingestão²⁴.

Como já vimos, há várias vias para a introdução do chumbo no organismo e os efeitos da interação chumbo e mecanismo biológico estão baseados na quantidade de chumbo biologicamente ativo, ou seja, o chumbo não armazenado nos ossos. A plumbemia (em $\mu\text{gPb}/100\text{ ml}$ sangue) pode ser considerada um bom indicador desta carga biologicamente ativa e, ademais, fornece informações referentes a exposições recentes.

Os efeitos bioquímicos mais importantes observados, sob o ponto de vista de exposição ambiental ao chumbo são⁷:

- aumento da eliminação urinária do ácido δ -aminolevulínico .
- aumento da protoporfirina IX livre nos eritrócitos
- diminuição da atividade enzimática do ácido δ -aminolevulínico desidratase (δ -ALAD) (E.C.4.2.1.24) nos eritrócitos.

OBJETIVOS

Pouco é sabido do conteúdo de chumbo no sangue da população de São Paulo (Brasil). Geralmente, quando é necessário fazer uso de valores de referência são adotados aqueles obtidos por outros países, ainda que, na verdade, existam diferenças quanto ao uso de pigmentos de chumbo, densidade de tráfego e grau de industrialização entre nossas cidades e aquelas do exterior. Desta forma, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), através de sua Divisão de Toxicologia, se propôs a estudar os níveis sanguíneos de chumbo e a atividade eritrocitária da δ -ALAD na população da cidade de São Paulo e compará-los com aqueles de uma população de zona semi-urbana. Foi ainda

MÉTODO

O chumbo no sangue foi determinado pelo método da absorção atômica (tendo sido usado um aparelho Perkin Elmer 303) e segundo a técnica de MITCHELL¹⁷. Os resultados foram expressados em μg de chumbo por 100 ml de sangue.

A determinação da atividade da δ -ALAD foi realizada de acordo com a técnica da Comissão da Comunidade Européia¹ e expressada em unidade U, sendo estas unidades micromoles de ácido δ -aminolevulínico convertidos, por minuto, por litro de eritrócitos.

RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

PLUMBEMIA E ATIVIDADE DA δ -ALAD ERITROCITÁRIA

Os valores médios de chumbo no sangue em $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ e os correspondentes valores da atividade da enzima (unidades/l), assim como os desvios padrões, são apresentados nas Tabelas 2 a 10 para cada grupo e sub-grupo.

TABELA 2 - MÉDIA DE CHUMBO NO SANGUE ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$), MÉDIA DA ATIVIDADE DA δ -ALAD ERITROCITÁRIA (U/L) E RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES PARA O GRUPO A

		HOMEM		MULHER		TOTAL
		Fumante	Não Fumante	Fumante	Não Fumante	
n		19	10	6	21	56
Idade	Média	33	29	20	20	26
	Faixa Etária	17 - 49	20 - 42	15 - 24	15 - 32	15 - 49
Chumbo	Média	16,3	12,2	8,5	6,8	11,2
	D.P.	5,2	3,8	2,5	2,6	5,6
	Variação	8,9 - 27,2	6,9 - 18,0	4,8 - 11,7	3,2 - 11,6	3,2 - 27,2
δ -ALAD	Média	42,2	51,9	45,2	49,8	47,1
	D.P.	11,6	8,0	5,9	8,0	9,8
	Variação	20,8 - 67,6	40,3 - 65,5	40,4 - 56,2	37,6 - 65,6	20,8 - 67,6

D.P. = Desvio Padrão

TABELA 3 - CHUMBO SANGUÍNEO ($\mu\text{g}/100\text{mg}$) E ATIVIDADES ERITROCITÁRIA DA δ -ALAD (UNIDADE/L) NO GRUPO A, SEGUNDO O SEXO

		HOMEM	MULHER	TOTAL
n		29	27	56
Idade	Média	31	20	26
	Faixa Etária	17 - 49	15 - 32	15 - 49
Chumbo	Média	14,9	7,2	11,2
	D.P.	5,1	2,6	5,6
	Variação	6,9 - 27,2	3,2 - 11,7	3,2 - 27,2
δ -ALAD	Média	45,5	48,8	47,1
	D.P.	11,3	7,7	9,8
	variação	20,8 - 67,6	37,6 - 65,6	20,8 - 67,6

D.P. Desvio Padrão

TABELA 7 - CHUMBO SANGUINEO ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) E ATIVIDADE ERITROCITÁRIA DA δ -ALAD (UNIDADE/L) NO GRUPO B, SEGUNDO O HÁBITO DE FUMAR

		FUMANTE	NÃO FUMANTE	TOTAL
	n	47	53	100
Idade	média	28	26	27
	faixa etária	16 - 46	16 - 37	16 - 46
chumbo	média	12,7	12,1	12,4
	d.p.	4,6	4,9	4,8
	variação	2,8 - 25,7	2,8 - 20,7	2,8 - 25,7
δ -ALAD	média	37,9	38,8	38,4
	d.p.	6,3	7,7	7,1
	variação	19,1 - 51,7	25,0 - 58,7	19,1 - 58,7

d.p. = desvio padrão

TABELA 8 - MÉDIA DE CHUMBO NO SANGUE ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$), MÉDIA DA ATIVIDADE DA δ -ALAD ERITROCITÁRIA (U/L) E RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES PARA O GRUPO C

		HOMEM		MULHER		TOTAL
		Fumante	Não Fumante	Fumante	Não Fumante	
	n	6	6	7	35	54
Idade	Média	40	35	39	39	39
	Faixa Etária	17 - 69	15 - 47	22 - 60	15 - 69	15 - 69
chumbo	Média	25,2	22,6	20,3	19,4	20,5
	D.P.	2,9	3,4	7,5	5,7	5,7
	Variação	22,4 - 30,0	17,3 - 27,0	10,3 - 30,5	9,2 - 33,1	9,2 - 33,1
δ -ALAD	Média	29,7	23,4	31,0	31,8	30,5
	D.P.	8,5	9,0	13,2	12,8	12,1
	Variação	20,3 - 45,0	14,5 - 39,8	17,4 - 55,1	15,3 - 60,3	14,5 - 60,3

D.P. = desvio padrão

TABELA 9 - CHUMBO SANGUINEO ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) E ATIVIDADE ERITROCITÁRIA DA δ -ALAD (UNIDADE/L) NO GRUPO C, SEGUNDO O SEXO

		HOMEM	MULHER	TOTAL
	n	12	42	54
Idade	média	37	39	39
	faixa etária	15 - 69	15 - 69	15 - 69
chumbo	média	23,9	19,5	20,5
	d.p.	3,3	5,9	5,7
	variação	17,3 - 30,0	9,2 - 33,1	9,2 - 33,1
δ -ALAD	média	26,5	31,6	30,5
	d.p.	9,0	12,7	12,1
	variação	14,5 - 45,0	15,3 - 60,3	14,5 - 60,3

d.p. = desvio padrão

TABELA 15 - PLUMBEMIA ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) E ATIVIDADE DA δ -ALAD (UNIDADES/L) EM NÃO-FUMANTES DO GRUPO A.

% do grupo da população estudada	Plumbemia	Atividade da δ -ALAD
50	$\leq 8,0$	$\geq 51,0$
90	$\leq 13,8$	$\geq 39,5$
100	$\leq 18,0$	$\geq 37,5$

TABELA 16 - PLUMBEMIA ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) E ATIVIDADE DA δ -ALAD (UNIDADES/L) NO GRUPO A

% do grupo da população estudada	Plumbemia	Atividade da δ -ALAD
50	$\leq 9,4$	$\geq 46,4$
90	$\leq 19,8$	$\geq 37,2$
100	$\leq 27,2$	$\geq 20,8$

TABELA 17 - PLUMBEMIA ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) E ATIVIDADE DA δ -ALAD (UNIDADES/L) EM HOMENS DO GRUPO B

% do grupo da população estudada	Plumbemia	Atividade da δ -ALAD
50	$\leq 14,5$	$\geq 36,4$
90	$\leq 19,0$	$\geq 28,6$
100	$\leq 25,7$	$\geq 19,1$

TABELA 18 - PLUMBEMIA ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) E ATIVIDADE DA δ -ALAD (UNIDADES/L) EM MULHERES DO GRUPO B

% do grupo da população estudada	Plumbemia	Atividade da δ -ALAD
50	$\leq 8,3$	$\geq 40,2$
90	$\leq 14,5$	$\geq 33,3$
100	$\leq 17,1$	$\geq 28,9$

TABELA 19 - PLUMBEMIA ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) E ATIVIDADE DA δ -ALAD (UNIDADES/L) EM FUMANTES DO GRUPO B

% do grupo da população estudada	Plumbemia	Atividade da δ -ALAD
50	$\leq 13,1$	$\geq 38,3$
90	$\leq 18,6$	$\geq 30,8$
100	$\leq 25,7$	$\geq 19,1$

TABELA 20 - PLUMBEMIA ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) E ATIVIDADE DA δ -ALAD (UNIDADES/L) EM NÃO-FUMANTES DO GRUPO B.

% do grupo da população estudada	Plumbemia	Atividade da δ -ALAD
50	$\leq 13,0$	$\geq 38,0$
90	$\leq 17,6$	$\geq 29,7$
100	$\leq 21,0$	$\geq 25,0$

TABELA 21 - PLUMBEMIA ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) E ATIVIDADES DA δ -ALAD (UNIDADES/L) NO GRUPO B

% do grupo da população estudada	Plumbemia	Atividade da δ -ALAD
50	$\leq 13,0$	$\geq 38,3$
90	$\leq 17,6$	$\geq 30,5$
100	$\leq 25,7$	$\geq 19,1$

TABELA 22 - PLUMBEMIA ($\mu\text{g}/100\text{ mL}$) E ATIVIDADE DA δ -ALAD (UNIDADES/L) EM HOMENS DO GRUPO C

% do grupo da população estudada	Plumbemia	Atividade da δ -ALAD
50	$\leq 23,6$	$\geq 40,6$
90	$\leq 25,5$	$\geq 38,8$
100	$\leq 30,0$	$\geq 37,6$

TABELA 28 - RESULTADOS DO TESTE VERIFICAÇÃO DE DEPENDÊNCIA POR VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS NOS SUB-GRUPOS ENTRE OS DIFERENTES GRUPOS COM O TESTE ADEQUADO AO CASO

PARÂMETROS	SUB-GRUPO	GRUPOS (1)		
		A	B	C
Pb x �-ALAD	Total	I (χ^2)	I (χ^2)	I (χ^2)
	Homens	I (F)	I (χ^2_{cont})	*
	Mulheres	*	I (χ^2_{cont})	I (χ^2_{cont})
	Fumantes	I (F)	I (χ^2_{cont})	*
	Não Fumantes	I (F)	I (χ^2_{cont})	I (χ^2_{cont})
Pb x SEXO	Total	D (χ^2)	D (χ^2)	D (χ^2_{cont})
Pb x Hábito de Fumar	Total	D (χ^2)	I (χ^2)	I (χ^2_{cont})

(1) onde:

* - Inconclusivo devido o tamanho da amostra

I - Independência

D - Dependência

χ^2 - Chi-quadrado.

χ^2_{cont} - Chi-quadrado em correção de continuidade

F - Teste de Fisher.

DISCUSSÃO

PLUMBEMIA

A Comissão da Organização Mundial da Saúde, reunida para discutir as normas a respeito do conteúdo de chumbo nas águas, concordou que as concentrações de chumbo no sangue (valor máximo sugerido de 20 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ para 50% da população) refletem a quantidade de chumbo presente nos tecidos moles e que há uma relação importante entre o nível de chumbo no sangue e o teor de chumbo na água pot vel²³.

GOLDWATER & HOOVER⁸, em estudos realizados com amostras de sangue provenientes de 16 países, incluindo E.U.A., encontraram como "normal" de plumbemia valores entre .15 e 40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, sendo 17 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ a m dia e ± 11 o desvio padrão. Nos habitantes de zona urbana os valores achados foram, em geral, maiores do que aqueles dos moradores de zona rural e não se registrou diferenças entre os sexos.

HECKER e colaboradores¹⁰, em análises de 100 amostras de sangue da população de Ann Arbor, Michigan, na faixa etária de 18 a 58 anos, encontraram como valor médio 14,6 $\mu\text{gPb}/100\text{ ml}$, sendo $\pm 12,7$ o desvio padrão, enquanto que em 90 amostras provenientes de

TOLA e colaboradores³³ observaram que para mesmos níveis de plumbemia, a idade e o fumo não interferem na atividade da δ -ALAD.

Por outro lado, SECCHI & ALESSIO³², estudando residentes de uma cidade industrial, concluíram que a atividade da δ -ALAD diminui com a idade. Para as mulheres esta diminuição é mais lenta e menos evidente, tornando-se mais pronunciada depois dos 60 anos.

ROELS e colaboradores²⁷ revelaram que a média de chumbo no sangue para um grupo de homens de 17,6 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ era, significativamente, mais alta que a mostrada por um grupo de mulheres - 12,6 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, e que a diferença também significante na atividade da δ -ALAD entre os dois grupos (42,3 U para os homens e 50,6 U para as mulheres) refletia as quantidades de chumbo no sangue.

Um estudo realizado por vários laboratórios para determinar a atividade da δ -ALAD pela técnica de BERLIN e colaboradores¹ e os teores de Pb/sangue em grupos de 50 homens não fumantes que não realizavam trabalho industrial e de idade compreendida entre 18 e 40 anos, forneceu os valores apresentados na Tabela 29.

TABELA 29 - ATIVIDADE DA δ -ALAD E NÍVEIS SANGÜÍNEOS DE CHUMBO EM IDÊNTICOS GRUPOS POPULACIONAIS DE DIFERENTES PAÍSES. MEDIDAS DA ATIVIDADE DA δ -ALAD EM AMOSTRAS DE SANGUE HUMANO USANDO O "MÉTODO EUROPEU PADRONIZADO".

LABORATÓRIOS	δ -ALAD(μ moles ALA min ⁻¹ /eritrócito ⁻¹)			Pb sanguíneo (μ g/100ml)
	MÉDIA	FAIXA	MÉDIA	FAIXA
		2,5/97,5 percentis		2,5/97,5 percentis
Lund (ABDULLA)	49,0	34 - 63	6	4 - 10
Hamburg (ANGERER)				
Genova (BONSIGNORE)	42,9	35 - 51		
Paris (BOUDENE)	32,2	20 - 55	26,4	15 - 44
Bruxelles (BRUAUX)	34,7	18 - 47	19,4	12 - 32
Amsterdam (DE BRUIN)				
Düsseldorf (GHLERTER)	29,7	15 - 57	10,2	9 - 12
Eire (GRIMES)	41,2	29 - 65	12,0	7 - 30
Lausanne (GUILLEMIN)	44,9	28 - 61		
Helsinki (HERNBERG)	41,2	28 - 55	8,2	4 - 22
Luxembourg (HOFFMANN)	34,6	23 - 57		
Bruxelles (LAUWERYS)	38,6	23 - 57	23,3	9 - 39
Köbenhavn (MAGID)	45,0	33 - 65	6,8	2 - 26
Glasgow (MOORE)	47,3	25 - 69	22,7	16 - 35
Zürich (ROSENMUND)	40,1	25 - 56		
London (SAYERS)	29,8	19 - 43	18,3	10 - 33
Erlangen (SCHALLER)	31,5	21 - 46	15,9	10 - 24
Milano (SECCHI)	27,3	3,0- 43		
Berlin (WAGNER)	40,3	34 - 49		

WADA e colaboradores³⁶ não encontraram correlação significante entre o logaritmo da atividade da δ -ALAD e a plumbemia para habitantes da zona rural e urbana. Porém, quando estas duas populações foram consideradas em conjunto, observou-se uma correlação

mente maior de chumbo sanguíneo em homens. Esta última conclusão também foi obtida no presente trabalho, onde, para os três grupos, a plumbemia apresentou dependência com o sexo, já que o valor médio de chumbo sanguíneo nos homens foi sempre estatisticamente maior. Com referência à distribuição percentilica da C.C.E., o mesmo se observa para os grupos A e B, porém as mulheres do grupo C apresentam maior valor acumulado a níveis de 90 e 100%. Este resultado talvez esteja associado ao fato de que no grupo C ocorreu uma maior proporção de mulheres, as quais, em geral, permanecem durante todo o dia em suas residências, enquanto o mesmo não acontece com os homens por força de suas atividades.

O grupo de Embú-Guaçu (A) foi o único que registrou dependência entre os valores de plumbemia e o hábito de fumar, já que o sub-grupo de fumantes mostra um valor médio de plumbemia estatisticamente superior ao do sub-grupo não fumante. Para os grupos B e C não se verificou relação de dependência entre chumbo e hábito de fumar, de acordo com o demonstrado por TOLA & NORDMAN³⁵.

Para reforçar mais ainda a condição de diferença entre o grupo C e os grupos A e B foi efetuado um teste de análise de variâncias (contrastes ortogonais) para os fumantes de A e B (respectivamente AF e BF) e os não-fumantes de C (CNF).
O resultado obtido foi:

$$(AF = BF) \neq CNF,$$

indicando que, mesmo nestas circunstâncias os valores de plumbemia do sub-grupo não-fumantes de C são significativamente maiores que os valores de plumbemia dos sub-grupos de fumantes de A e B.

Para a atividade enzimática, a comparação com os valores da C.C.E, sugere as seguintes observações:

para o grupo B os sub-grupos homens, fumantes e total não cumprem o valor 100% para o grupo C, com exceção do sub-grupo homens, todos os demais apresentam valores inferiores aos padrões em todas as porcentagens.

Os resultados de nosso trabalho também concordam com os de WADA e colaboradores³⁶, já que não foi encontrada relação de dependência entre os valores de chumbo no sangue e atividade da δ -ALAD eritrocitária.

Em geral, os autores de trabalho do mesmo tipo que o nosso apresentam equações de regressão entre os níveis de chumbo sanguíneo e atividade da δ -ALAD eritrocitária, ainda que nem todas as publicações façam referência a uma verificação da dependência entre as variáveis, isto é, uma prova estatística apropriada previamente à construção de tais regressões.

No presente trabalho não foi encontrada relação de dependência para as variáveis acima citadas, contudo, em vista do anteriormente exposto e com finalidade única de ilustrar o comportamento entre as variáveis, no caso de que fossem dependentes, apresentamos algumas regressões que representam o melhor ajuste para as situações onde os valores dos coeficientes de regressão são significativamente diferentes de zero pela aplicação do teste t (Figuras 2, 3, 4 e 5).

- 14 - KUBOTA, J., LAZAR, U.A.; LOSEE, F.; Copper, zinc, cadmiun and lead in human blood from 19 locations in the United States. Arch. Environmental Health, Chicago, 16: 788 - 793, 1968.
- 15 - Mc LAUGHLIN, M.; LINCH, A.L.; SNEE, R.D. Longitudinal studies of lead levels in a US population Arch. Environmental Health, Chicago, 27: 305 - 311, 1973.
- 16 - MEREDITH, P.A.; MOORE, M.R.; GOLDBERG, A. The effects of aluminium, lead and zinc on δ -aminolevulinic acid dehydratase. Biochem. Soc. Trans., London, 2: 1243 - 1245, 1974
- 17 - MITCHELL, D.G.; RYAN, F.J.; ALDOUS, K.M. The precise determination of lead in whole blood by solvent extraction - atomic - spectrometry. Atomic Absorption Newsletter, Norwalk Conn., 11 (6): 120 - 121, 1972
- 18 - MOORE, M.R.; BEATTIE, A.D.; THOMPSON, G.G.; GOLDBERG, A. Depression of δ -aminolevulinic acid dehydratase activity by ethanol in man and rat. Clinical Science, London, 40:181 - 88, 1971
- 19 - MOUW, D.; KALITIS, K.; ANVER, M.; SCHWARTZ, J.; CONSTAN, A.; HARTUNG, R.; COHEN, B.; RINGLER, D. Lead. Arch Environmental Health, Chicago, 30: 276 - 280, 1975
- 20 - NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Committee on Biologic Effects of Atmospheric Pollutants. Lead. Washington, D.C., 1972.
- 21 - NORDMAN, C.H.; HERNBERG, S.; NIKKANEN, J.; RYHANEN, A. Blood lead levels and erythrocyte δ -aminolevulinic living around a secondary lead smelter. Work Environmental Health, Finland, 10: 19 - 25, 1973.
- 22 - NYGAARD, S.P.; OTTONSEN, J.; HANSEN, J.C. Whole - blood lead concentration in Dannes: relation to age and environment. Danish Medical Bulletin, Copenhagen, 24 (2): 49 - 51, 1977.
- 23 - OFICINA REGIONAL DE LA OMS PARA EUROPA Y DEL GOBIERNO DEL REINO UNIDO. Londres, 26 - 30/9/1977, Cronicas da O.M.S. : 45 - 46, 1978.
- 24 - PASKINS - HURBURT, A.J.; TANAKA, Y.; SKORYNA, S.C.; MOORE Jr., W.; STARA, J.F. The binding of lead by a pectic polyeletrolyte. Environmental Research, New York, 14: 128 - 140, 1977.
- 25 - POKLIS, A. & FREIMUTH, H.C. Lead distribution in soft tissues of Baltimore residents, 1973. Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology, New York, 15 (3): 311 - 315, 1976.
- 26 - PRESCOT, J.H.U.S. oil refiners gird for lead - in - gasoline cuts. Chemical Engineering, New York, 84 (3): 66 - 70, 1977.

ÍNDICE

Introdução, 12.1

Objetivos, 12.3

Material e métodos, 12.4

Amostras de sangue, 12.4

Método, 12.5

Resultados obtidos e análise estatística, 12.5

Plumbemia e atividade da δ -ALAD eritrocitária, 12.5

Comparação dos valores obtidos com os padrões biológicos propostos pela comissão da comunidade européia⁷, 12.8

Verificação da dependência entre: plumbemia e atividade enzimática, plumbemia e sexo, 12.10

Discussão, 12.11

Plumbemia, 12.11

Ácido δ -Aminolevulínicodesidratase (δ -ALAD), 12.12

Referências bibliográficas, 12.18