

**RESÍDUOS GERADOS POR PILHAS E BATERIAS
USADAS: UMA AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO
BRASILEIRA
1999-2001**

NIVEA MARIA VEGA LONGO REIDLER

**Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de
Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da
Universidade de São Paulo para a obtenção do Grau de
Mestre em Saúde Pública.**

Área de Concentração: Saúde Ambiental

ORIENTADORA: PROF. DR. WANDA M. RISSO GÜNTHER

São Paulo

2002

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos fotocopiadores. Ao reproduzi-la, cite a fonte.

Nivea Maria Vega Longo Reidler

Agosto 2002

Aos meus pais,

Neréa e Norberto

e

Aos meus filhos,

Vivian e Erik

*“Nós vivemos a vida olhando para frente,
mas a entendemos olhando para trás.
O que se destaca, é que as coisas se
resumem a pessoas. As pessoas
fazem a diferença...”*

Norman W. Brown

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial:

- *Ao CNPq, pelo apoio a esta pesquisa.*
- *À Prof. Dra. Wanda Maria Risso Günther, da Faculdade de Saúde Pública da USP, orientadora e amiga, por sua dedicação, apoio e confiança, durante todo o período de realização deste trabalho.*
- *Ao Prof. Dr. Júlio Carlos Afonso, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por sua preciosa colaboração na orientação desta pesquisa.*
- *Ao Prof. Titular Dr Fernando Lefèvre, da Faculdade de Saúde Pública da USP, pela orientação nos procedimentos metodológicos.*
- *A todos os professores da Faculdade de Saúde Pública da USP, que colaboraram na realização deste trabalho.*
- *Aos meus pais, Norberto e Neréa Longo, por todo apoio e carinho, além da valiosa colaboração na organização da bibliografia e em muitas traduções.*
- *Aos meus filhos, Erik L. Reidler e Vivian C. Reidler, pelo apoio, carinho, confiança e compreensão, mesmo durante todos os momentos em que estive ausente, devido à execução deste trabalho.*
- *Ao meu marido, amigo e companheiro, Ricardo Reidler (in memoriam), por seu incentivo e apoio incondicional, durante o tempo que esteve conosco.*
- *Ao João Victor V. Longo, pela revisão e edição final deste trabalho.*

Agradeço, também:

- *A todos os entrevistados que participaram desta pesquisa,*
- *Às Instituições que permitiram a busca de informações em seus arquivos,*
- *Aos colegas do Miljö-och Hälsoskyddskontoret – Österåker, Stockholm, Suécia, pela oportunidade de aprendizagem e trabalho conjunto,*
- *Aos colegas da Faculdade de Saúde Pública que me apoiaram e me auxiliaram ao longo desta caminhada,*
- *Aos funcionários da Bros. Digital Design Ltda., pela editoração final deste trabalho,*
- *Aos diretores da Engemac, Eng. José Carlos Severo e Sr. Constante Rosseto Filho, por terem permitido dividir o tempo do meu trabalho na empresa com a finalização desta pesquisa,*
- *E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho, especialmente:*
- *Ahmed Sirtaj – U.S.EPA – Chicago, IL – USA*
- *Ardow Huang – BYD America Corp – Elk Grove Village, IL – USA*
- *Aurélio G. Barbato – ABINEE – São Paulo, SP*
- *Bengt Jobe – KMW Group – Ontario – Canada*
- *Brad O’Brien – Hazardous Materials Management – México City– México*
- *Carlos Policarpo de Oliveira – Suzaquim Ind. Quím. Ltda. – Suzano , SP*
- *Cláudio Fernandes de Carvalho- Ecosistema – São José dos Campos , SP*
- *Claudio Friedmann W. – AMBAR S.A. – Santiago – Chile*
- *Craig J. Liska – Motorola – Schaumburg, IL – USA*
- *Darren Mark Barlow – St. Nicholas School – São Paulo, SP*
- *Denise Espinosa – Escola Politécnica da USP – São Paulo, SP*
- *Dra. Nilda Fernícola – CETESB – São Paulo, SP*

- *Fátima Santos – FAARTE – São Paulo, SP*
- *Francisco C. Franco – SAFT-NIFE – São Paulo, SP*
- *Georgia R. Dunaway – U.S.EPA – Cincinnati, OH – USA*
- *Germano A.V. Longo – UNYR Operadora de Turismo – São Paulo, SP*
- *Harvey T. Mueller – Battery Solutions Inc. – Brighton, MI – USA*
- *Joana D. Bezerra – U.S.EPA – Chicago, IL – USA*
- *João B. D. Câmara – IBAMA – Brasília, DF*
- *José Arnaldo Gomes – CETESB – São Paulo, SP*
- *Joyce M. de Araújo – Faculdade de Saúde Pública da USP – São Paulo, SP*
- *Kevin J. Officer – ENVIROCONN – 2000 – West des Moines, IA – USA*
- *Lázara da Silva Telles – Hospital das Clínicas da USP – São Paulo, SP*
- *Maria Menina Moreau Longo – Faculdades São Camilo – São Paulo, SP*
- *Michael Lovelock – St. Nicholas School – São Paulo, SP*
- *Mike McLemore – Central Material Handling Systems- Groveland, IL – USA*
- *Oscar Salazar P. – Batebol – Ind. de Baterias – Santa Cruz – Bolívia*
- *Patrício Carrera – AMBAR S.A. – Santiago – Chile*
- *Paul Wasserman – Harris Waste Management Group, Inc. – México City*
- *Prof. Arlindo Phillipi Jr. – Faculdade de Saúde Pública da USP – São Paulo*
- *Prof. Jorge Tenório – Escola Politécnica da USP - São Paulo, SP*
- *Ricardo Lopes Garcia – FIESP – São Paulo, SP*
- *Robert B. Waits – EnvironMax – Salt Lake City, UT – USA*
- *Sonia Spring – Curitiba, PR*
- *Steven F. Bouk – Waste Connections Inc. – Folsom, CA – USA*
- *Vladimir D’Elia – SAFT-NIFE – São Paulo, SP*
- *Vivian Cajander Reidler – Fundação Casper Líbero – São Paulo, SP*

Graças a Deus.

RESUMO

Reidler, NMVLR. **Resíduos gerados por pilhas e baterias usadas: uma avaliação da situação brasileira , 1999 – 2001.** São Paulo (BR); 2002. [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

Este estudo investiga a situação dos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas no Brasil, no período de 1999 – 2001. É feita uma avaliação da legislação vigente no país sobre o tema, quanto à sua aplicabilidade, e também do ponto de vista sanitário e ambiental, visando à identificação das ações necessárias para o gerenciamento eficiente desses resíduos, de maneira a mitigar e prevenir os riscos à saúde e ao ambiente, representados pelo descarte inadequado. Busca-se ainda apurar a necessidade da inclusão de outros tipos desses produtos não especificados no texto da legislação.

Após levantamento dos tipos de pilhas e baterias portáteis disponíveis no mercado, destinados ao consumidor, identificou-se nos produtos encontrados os principais metais considerados como fontes de contaminação ambiental e de maior potencial tóxico, para os quais foram abordados alguns aspectos considerados relevantes para a compreensão da questão. Para verificar a eficácia da legislação quanto à sua aplicabilidade, foi realizada, no município de São Paulo, uma pesquisa qualitativa, de caráter exploratório, empregando-se a metodologia de análise do *Discurso do Sujeito Coletivo*. Observou-se o problema de diferentes ângulos: população consumidora; revendedores; fornecedores e especialistas no tema. A triangulação das informações obtidas possibilita uma visão bastante reveladora da real situação da questão no país.

Entre os problemas identificados, destacam-se a falta de comunicação, carência de estrutura de coleta eficiente, amplamente divulgada e de fácil acesso à população, além da inexistência de fiscalização. A pesquisa conclui pela necessidade de atualização da legislação vigente, acompanhada de programas de conscientização da população para o problema, visando à participação de todos os setores envolvidos. Com base no estudo, recomenda-se a coleta e o tratamento e/ou disposição final adequada de todas as pilhas e baterias usadas, parceria entre setor empresarial e governo, com envolvimento da população, para a realização de sistema eficiente e economicamente viável de gerenciamento desses resíduos no Brasil.

SUMMARY

Reidler, NMVL. **Resíduos gerados por pilhas e baterias usadas: uma avaliação da situação brasileira, 1999 – 2001.** [Waste generated from spent cells and batteries: an evaluation of the Brazilian situation, 1999 –2001]. São Paulo (BR); 2002. [Masters Degree Dissertation – Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo; Brazil].

The study investigates the situation of waste generated from spent cells and batteries from 1999 – 2001. There is an evaluation of the current Brazilian controlling legislation in this area, in terms of its applicability, to aim for identifying necessary strategies for a more efficient handling of these waste products, so as to relieve and prevent risks to health and the environment, represented by inadequate disposal of such refuse products. In order to clear up the necessity of the inclusion of others such product types, which are not specified in the text, an evaluation has been made from the point of view of sanitation and the environment as well. After a survey, that was made for the consumer types of portable batteries and cells which are currently available on the market, it has been identified, in the found products, the main metals considered as sources of greater environment contamination and with higher potential toxicity. Brought into consideration for each of these metals were the relevant aspects in the understanding of the question. In order to verify the efficacy of the legislation, when put into practice, a qualitative, exploratory study was conducted within the São Paulo City, which used the methodology of “The Collective Speech Subject”. The problem is observed from different angles: the consumer population; retailers; suppliers; and specialists in the area. A clearer perspective of the real situation concerning the question in the country is possible, through a triangulation of the collected data. Among the identified problems are highlighted: lack of communication; absence of an effective infrastructure for collection, amply divulged and with easy access to the population; and lack of official control. The study concludes there is a need for upgrades in Brazilian legislation along with population awareness programs, aiming for the participation of all involved sectors. Based on the study it is recommended the collection and adequate treatment and/or disposal of all types of spent cells and batteries, partnership between government and the productive sector, with the population involvement, for the fulfilment of an economically viable management System for these waste products in Brazil.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1. Pilhas e baterias usadas: um problema atual.....	01
1.2. Histórico das pilhas e baterias.....	04
1.3. Definição de pilhas e baterias.....	06
1.4. Tipos de pilhas e baterias portáteis destinadas ao consumidor.....	07
1.5. Principais tipos de pilhas e baterias atualmente existentes no mercado.....	08
1.6. Principais características e aplicações dos tipos de bateria estudados.....	10
a) Baterias primárias ou pilhas.....	10
▪ Zinco-carbono.....	10
▪ Zinco-cloreto.....	10
▪ Alcalinas (de manganês).....	11
▪ Óxido de mercúrio.....	12
▪ Óxido de prata.....	12
▪ Zinco-ar.....	13
▪ Lítio.....	14
b) Baterias secundárias (recarregáveis).....	15
▪ Níquel-cádmio.....	15
▪ Chumbo-ácido.....	17
▪ Níquel-metal hidreto.....	18
▪ Lítio-íon.....	21
1.7. A legislação brasileira sobre pilhas e baterias.....	24
1.8. Coleta e reciclagem de pilhas e baterias usadas.....	26
1.9. Pilhas e baterias e as implicações na saúde e no ambiente.....	27
2. RESÍDUOS GERADOS POR PILHAS E BATERIAS USADAS.....	28
2.1. Comportamento dos metais pesados nos ecossistemas.....	29
2.2. Toxicologia dos metais pesados.....	30
2.3. Principais metais presentes nas pilhas e baterias disponíveis no mercado.....	32
2.3.1. Cádmio.....	32
▪ Ocorrência.....	32
▪ Fontes antropogênicas, principais usos e sistemas químicos de baterias nos quais é utilizado.....	33

▪ Efeitos ao ambiente.....	34
▪ Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano.....	35
2.3.2. Chumbo.....	38
▪ Ocorrência.....	38
▪ Fontes antropogênicas, principais usos e sistemas químicos de baterias nos quais é utilizado	39
▪ Efeitos ao ambiente.....	39
▪ Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano.....	41
2.3.3. Cobalto.....	43
▪ Ocorrência.....	43
▪ Fontes antropogênicas, principais usos e sistemas químicos de baterias nos quais é utilizado	43
▪ Efeitos ao ambiente.....	44
▪ Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano.....	45
2.3.4. Índio.....	48
▪ Ocorrência.....	48
▪ Fontes antropogênicas, principais usos e sistemas químicos de baterias nos quais é utilizado.....	48
▪ Efeitos ao ambiente.....	49
▪ Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano.....	50
2.3.5. Lítio.....	52
▪ Ocorrência.....	52
▪ Fontes antropogênicas, principais usos e sistemas químicos de baterias nos quais é utilizado.....	52
▪ Efeitos ao ambiente.....	53
▪ Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano.....	54
2.3.6. Manganês.....	57
▪ Ocorrência.....	57
▪ Fontes antropogênicas, principais usos e sistemas químicos de baterias nos quais é utilizado.....	57
▪ Efeitos ao ambiente.....	58
▪ Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano.....	59
2.3.7. Mercúrio.....	61
▪ Ocorrência.....	61

▪	Fontes antropogênicas, principais usos e sistemas químicos de baterias nos quais é utilizado.....	61
▪	Efeitos ao ambiente.....	62
▪	Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano.....	63
2.3.8.	Níquel.....	65
▪	Ocorrência.....	65
▪	Fontes antropogênicas, principais usos e sistemas químicos de baterias nos quais é utilizado.....	66
▪	Efeitos ao ambiente.....	67
▪	Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano.....	69
2.3.9.	Prata.....	72
▪	Ocorrência.....	72
▪	Fontes antropogênicas, principais usos e sistemas químicos de baterias nos quais é utilizado.....	72
▪	Efeitos ao ambiente.....	73
▪	Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano.....	74
2.3.10.	Zinco.....	75
▪	Ocorrência.....	75
▪	Fontes antropogênicas, principais usos e sistemas químicos de baterias nos quais é utilizado.....	75
▪	Efeitos ao ambiente.....	76
▪	Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano.....	79
3.	OBJETIVOS.....	84
4.	METODOLOGIA.....	85
4.1.	A pesquisa.....	85
4.2.	Referenciais metodológicos.....	86
4.3.	Caracterização dos procedimentos de investigação.....	86
4.3.1.	Levantamento dos principais tipos de pilhas e baterias em estudo, disponíveis no mercado.....	87
4.3.2.	Revisão bibliográfica e pesquisa documental.....	87
4.3.3.	Levantamento da legislação.....	88
4.3.4.	Coleta de informações preliminares.....	89

4.3.5. Definição da estratégia de amostragem de população.....	89
4.3.6. Coleta de dados e instrumentos utilizados.....	91
4.3.7. Visitas técnicas.....	92
4.3.8. Métodos analíticos empregados e interpretação dos resultados obtidos nas análises dos dados coletados.....	92
5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	94
• Grupo A: A população consumidora.....	94
A – 1. Conhecimento da legislação por parte da população consumidora.....	94
A – 2. Destino dado às pilhas e baterias usadas.....	95
A – 3. A melhor maneira de divulgar os procedimentos corretos para o descarte de pilhas e baterias usadas.....	97
A – 4. Funcionamento de um sistema de coleta eficiente de pilhas e baterias usadas.....	100
• Grupo B: O setor varejista	104
B – 1. Conhecimento da legislação por parte do setor varejista	104
B – 2. Devolução das pilhas e baterias usadas nas lojas.....	106
B – 3. Destino dado pelos revendedores às suas pilhas e baterias usadas.....	107
• Grupo C: Os fornecedores.....	110
• Grupo D: Os especialistas.....	112
6. DISCUSSÃO.....	123
6.1. Avaliação qualitativa da Legislação sobre Pilhas e Baterias vigente no Brasil quanto à sua aplicabilidade	123
6.1.1. A legislação e a opinião da população consumidora.....	124
6.1.2. A legislação e a opinião dos revendedores.....	130
6.1.3. A legislação e os fornecedores.....	133
▪ Setor de telefonia celular.....	133
▪ Setor de baterias de filmadoras, computadores portáteis, ferramentas portáteis e assemelhados.....	139
▪ Setor de baterias tipo botão.....	141
▪ Setor de pilhas secas e baterias de uso doméstico e geral.....	143
6.1.4. A legislação e a opinião dos especialistas.....	148
(a) Com referência à eficácia e à aplicabilidade da legislação em estudo.....	148

(b) Com referência ao conteúdo da referida legislação do ponto de vista de saúde pública e ambiental.....	152
--	-----

7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	159
--	------------

8. REFERÊNCIAS.....	168
----------------------------	------------

ANEXOS

Anexo I – Resolução CONAMA 257, de 30/06/1999.....	I
Anexo II– Resolução CONAMA 263, de 12/11/1999.....	II
Anexo III – Battery Ordinance to Regulate Collection, Recycling and Manufacture of Non-Hazardous and Hazardous Batteries.....	III
Anexo IV – Lista dos Fornecedores Consultados.....	IV
Anexo V – Questionário aplicado à População Consumidora.....	V
Anexo VI – Questionário aplicado em entrevista com os Revendedores.....	VI

LISTA DE SIGLAS

ABINEE – Associação Brasileira de Indústrias Elétricas e Eletrônicas
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACERJ – Associação Comercial do Rio de Janeiro
ALERJ – Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro
ATSDR – Agency for Toxic Substances and Diseases Registry
CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem
CERCLA – Comprehensive Environment Response, Compensation and Liability Act
CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CEFETEC-RJ – Centro Federal de Educação Tecnológica de Química – Rio de Janeiro
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
DSC – Discurso do Sujeito Coletivo
EC – Environmental Canadá
EEG – Eletroencefalograma
EPBA – European Portable Battery Association
ETE – Estação de Tratamento de Efluentes
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FIRJAN – Federação das Indústrias do Rio de Janeiro
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
IEC – International Electrical Committee
IMETCO - International Metal Reclamation Company
IRIS – Integrated Risk Information System
NBR – 10004 – Norma Brasileira 10004 – Resíduo Sólido - Classificação
NRC – National Response Center
OMS – Organização Mundial da Saúde
ONG – Organização Não-Governamental
OSHA – Occupational Health and Safety Administration
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PROBAT – Programa de Gestão Ambiental de Pilhas e Baterias
RCRC – Rechargeable Battery Recycling
RDA – Recommended Daily Amount

SAC – Serviço de Atendimento ao Consumidor

SCRELEC – Société de Collecte et Recyclage de Equipements Eléctrique et Eletronique

SIMBA – Stifelsen för Insamling av Miljöfarliga Batterier

SNC – Sistema Nervoso Central

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

USEPA – United States Environmental Protection Agency

USP – Universidade de São Paulo

WHO – World Health Organization

WMG – Waste Management Group

LISTA DE QUADROS

Quadro I – Tipos de pilhas e baterias portáteis estudados.....	9
Quadro II – Principais efeitos à saúde causados pelos metais mais importantes presentes nas pilhas e baterias estudadas.....	83
Quadro A – 1. – Conhecimento da legislação por parte da população consumidora....	94
Quadro A – 2. – Destino dado às pilhas e baterias usadas.....	95
Quadro A – 3. – A melhor maneira de divulgar os procedimentos corretos para o descarte das pilhas e baterias usadas.....	97
Quadro A – 4. – Funcionamento de um sistema eficiente de coleta de pilhas e baterias usadas.....	100
Quadro B – 1. – Conhecimento da legislação por parte do setor varejista.....	104
Quadro B – 2. – Devolução das pilhas e baterias às lojas.....	106
Quadro B – 3. – Destino dado pelos revendedores às suas pilhas e baterias usadas....	107
Quadro C – 1. – Informações obtidas junto aos Fornecedores.....	110
Quadro D. (a) – 1. – Opinião dos especialistas sobre a eficácia da legislação quanto à sua aplicabilidade.....	112
Quadro D. (b) – 1. – Opinião dos especialistas sobre o conteúdo da legislação do ponto de vista de saúde pública e ambiental.....	118
Quadro III – Comparação entre as diretivas da UE e EPBA.....	142

1. INTRODUÇÃO

1.1. Pilhas e baterias usadas: um problema atual

Nas duas últimas décadas, o extraordinário desenvolvimento da tecnologia no setor de telecomunicações e na indústria eletro-eletrônica em geral tem trazido muitos benefícios à humanidade, nos mais variados segmentos. Um exemplo típico é o conforto proporcionado pelo uso de aparelhos portáteis, movidos a pilhas ou a baterias recarregáveis, que tornaram o uso dos mesmos prático e econômico. No entanto, o avanço da tecnologia geralmente traz consigo efeitos colaterais. Neste caso, o problema surge com a geração dos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas que, na maioria das vezes, a população descarta juntamente com o resíduo domiciliar, por não conhecer os riscos que os mesmos representam à saúde humana e ao ambiente ou simplesmente por falta de outra alternativa de descarte.

No final da década de 70, surgiram na Europa os primeiros sinais de alerta sobre os perigos de se descartar baterias e pilhas usadas, juntamente com o resíduo comum. Até a década de 80, antes da explosão da indústria eletro-eletrônica, utilizava-se geralmente para uso doméstico as baterias em forma de bastonetes de vários tamanhos, principalmente as de zinco-carbono, as quais, quando exauridas, eram descartadas juntamente com o resíduo domiciliar comum. Até 1985, todas as pilhas oferecidas ao consumidor, exceto as de lítio, continham mercúrio metálico em proporções variadas (de 0,01% a 30% nas de mercúrio). O mercúrio é um metal pesado, não biodegradável, extremamente tóxico à saúde e ao ambiente¹⁴⁵.

Após o advento do transistor e do conseqüente surgimento de inúmeros novos equipamentos movidos à bateria, foram desenvolvidos novos tipos de pilhas e baterias. A alta potência de alguns tipos deve-se à presença em sua composição, além de metais pesados, de outros aditivos potencialmente perigosos à saúde e ao ambiente. As novas tecnologias trouxeram consigo novas questões ambientais e sanitárias a serem estudadas.

No final da década de 80, em alguns países da Europa, começou a surgir a preocupação com a conscientização da população em relação aos problemas que podem representar a disposição inadequada das pilhas e baterias usadas e a busca de mecanismos de seu descarte, coleta e disposição final adequados, para minimizar os riscos sanitários e ambientais. Atualmente, esta questão vem sendo amplamente debatida e estudada no mundo industrializado e nos países em desenvolvimento. Matérias recentes, divulgadas pela mídia têm indicado que o brasileiro tem adquirido, a partir da última década do Século XX, maior consciência da importância das questões ligadas ao meio ambiente. Possivelmente, o motivo dessa atenção deve-se ao fato de os problemas ambientais estarem atingindo os grandes centros urbanos e ao espaço que a questão vem ocupando na mídia globalizada.

No Brasil, de um modo geral, até então, nunca se havia cogitado da contaminação do lixo doméstico ou do meio ambiente provocado por pilhas e baterias usadas. Atualmente, já existe uma preocupação crescente com os riscos sanitários e ambientais, decorrentes do uso cada vez mais intenso desses produtos, principalmente, com a abertura da economia e o controle da inflação, estimulando o consumo. No país, os riscos associados ao descarte descontrolado das baterias utilizadas em telefones celulares têm aumentado, em decorrência da falta de informação aliada à explosão dessa modalidade de telefonia, que atingiu em menos de uma década, um volume de aparelhos superior ao alcançado pelas empresas estatais de telefonia fixa, durante 120 anos.^{47,115}

Baterias de celulares, pilhas botão e outras, ao serem descartadas, transformam-se no chamado lixo “*high tech*”. Assim como outros resíduos não recicláveis da alta tecnologia, a disposição final adequada das pilhas e as baterias representam um desafio para a indústria, para os técnicos ambientais e para a humanidade. Atualmente, em grandes cidades, são descartadas por ano entre 12 a 14 milhões de pilhas e pequenas baterias, além de mais 500 a 700 mil baterias de telefone celular. O Brasil produz cerca de 800 milhões de pilhas comuns por ano, ou seja, cerca de 6 unidades por habitante. Isso sem contar as baterias recarregáveis e as

do tipo botão, as quais não são produzidas no Brasil mas, nem por isso, estão menos disponíveis no mercado interno^{98,126}.

Calcula-se que no Brasil, de 95 a 98, foram descartadas no resíduo sólido urbano comum cerca de 11 toneladas de baterias à base de cádmio, representando sério risco de contaminação ambiental⁶¹. Os efeitos podem ser comparados ao do cigarro, pois aparecem em longo prazo. A geração presente ainda pode conviver com as atuais “doses” de metais pesados no ambiente, mas e as próximas gerações? E quanto às pilhas e baterias descartadas no passado e já incorporadas no meio ambiente? Não se tem conhecimento de estudo sobre o impacto ambiental direto, resultante do descarte desses produtos, em longo prazo.

No Brasil, até 1999, todas as pilhas e baterias podiam ser descartadas tranqüilamente no lixo domiciliar. A partir de então, desde a publicação de uma legislação específica sobre esses produtos, tem sido gerada muita informação desconhecida no mercado. A origem de toda a celeuma está na generalização de que todas as pilhas e baterias usadas devem ser classificadas como resíduos perigosos⁹⁸. Na verdade, ainda não há estudos suficientes, que comprovem a necessidade de se recolher outros tipos de pilhas e baterias, além dos especificados na referida legislação, embora já haja nos países da União Européia, entre outros, forte pressão para que todos os tipos de pilhas e baterias sejam coletados, tratados e dispostos adequadamente, por conterem em sua composição outras substâncias tóxicas.

Os argumentos quanto à contaminação, ou aos prejuízos ao meio ambiente e à saúde pública pelo descarte inadequado de pilhas e baterias variam muito, mas a solução para a questão esbarra sempre na viabilidade econômica, ou da reciclagem, ou da construção de aterros classe I, cujas instalações implicam em altos investimentos por parte das empresas geradoras dos resíduos¹⁸⁷. A prática usual do lançamento desses resíduos em aterros é irresponsável e prejudicial, devido aos motivos já expostos e, a alternativa da incineração também deve ser afastada, por contribuir para a poluição atmosférica devido à liberação de metais pesados para o ambiente.

1.2. *Histórico das pilhas e baterias*

A geração de eletricidade começou a ser pesquisada em 1786, pelo médico Luigi Galvani (Universidade de Bolonha, Itália) e, paralelamente, pelo físico Alessandro Volta (Universidade de Paiva, Itália) que, após várias experiências, construiu sua primeira pilha e, no ano de 1800, comunicou à *Royal Society*, em Londres, que havia fabricado um aparelho capaz de produzir corrente elétrica duradoura. A pilha de Volta era constituída de discos circulares de prata e zinco, empilhados alternadamente (daí o nome de pilha) e separados por discos de feltro, embebidos em solução de ácido acético. Imaginou que a eletricidade era produzida pelo ataque do ácido acético sobre o zinco.

A primeira pilha a apresentar algum resultado prático foi construída por Georges Leclanché (França, 1865). Substituiu o cobre por um bastão de carvão, o ácido acético por amoníaco e, como despolarizante, utilizou dióxido de manganês em pó sobre o eletrodo de carvão. Wilhelm Hellensens (Dinamarca, 1887) fabricou a primeira pilha seca que utilizava o zinco, ao mesmo tempo, como recipiente e pólo negativo. No mesmo ano, essas pilhas começaram a ser produzidas em série. São fabricadas até os dias atuais¹⁴⁵. Somente nos Estados Unidos, a produção anual de pilhas e baterias alcançou 2 milhões de unidades, no início do Século XX. Desde então, houve dois períodos de crescimento rápido para esse mercado. Em 1920, com o invento do rádio doméstico e na segunda metade do século, com o crescente uso de equipamentos elétricos e eletrônicos portáteis¹¹⁵.

No Brasil, a produção de pilhas Leclanché teve início em 1951, com a implantação de uma fábrica da *Eveready* e uma da *Microlite (Ray-o-Vac)*. Então, o mercado nacional restringia-se a poucos milhares de unidades anuais, basicamente para lanternas elétricas portáteis. Antes do surgimento do transistor, os radios demandavam baterias de pilha cujo alto custo limitava seu uso às regiões desprovidas de energia elétrica.

Após o advento do transistor e de seu uso disseminado em rádios portáteis e outros equipamentos eletrônicos, a demanda de pilhas cresceu exponencialmente. No final da década de 70, o mercado nacional já consumia cerca de 1 bilhão de unidades/ano, somente do tipo zinco-carvão. Mais dois fabricantes se instalaram no país: a *Panasonic* (1968) e a *Eletromoura (Wayotec)*, (1979). A partir de então, o uso da pilha popularizou-se.

As pilhas alcalinas começaram a ser produzidas no Brasil pela *Microlite* (1978), seguida pela *Duracell* (1984) e pela *Eveready* (1987). A capacidade de produção instalada na década de 80 já superava um bilhão e duzentos milhões de unidades/ano. A indústria estava preparada para o crescimento econômico. Com a recessão, houve uma sensível queda no consumo de produtos populares, incluindo as pilhas. Em 1994, o mercado de pilhas zinco-carbono era estimado em 680 milhões de unidades/ano e o de pilhas alcalinas, em 60 milhões de unidades/ano. Esses números representavam, então, aproximadamente, 85% da produção nacional, dos quais, 15% eram exportados inclusive para a Europa⁸.

Durante as duas últimas décadas do século XX, a indústria de pilhas e baterias cresceu vertiginosamente. Atualmente, este mercado movimentava bilhões de dólares em todo o mundo. Nos Estados Unidos, a fabricação de 95% das baterias está baseada na produção de quatro tipos de baterias secundárias e de nove tipos de baterias primárias¹⁵. As pilhas e baterias estão definitivamente presentes no cotidiano do homem moderno e o perfil de consumo mundial per capita situa-se entre 5 pilhas/ano, para países em desenvolvimento como o Brasil e 15 pilhas/ano, para países industrializados²⁴. Isto pode ser traduzido em um consumo mundial, da ordem de 10 bilhões de pilhas/ano¹². No período de 1990 a 1996, o mercado consumidor mundial de pilhas e baterias passou de 23 para 33 bilhões de dólares⁵⁹.

No Brasil, em 1999, foram produzidas mais de 800 milhões de pilhas¹⁴⁷. Até então, já existiam cerca de 10 milhões de telefones celulares em circulação, no país. A estimativa para 2000 era de 18 milhões de aparelhos e até 2001, de 23 milhões. Além disso, deve-se levar em conta as pilhas e baterias contrabandeadas e as

falsificadas, cuja participação no mercado é impossível de ser prevista¹³⁵. Em 2002, o número de celulares no Brasil é estimado em cerca 30 milhões de unidades (julho/02).

1.3. Definição de pilhas e baterias

Pilha é uma mini-usina portátil que transforma energia química em energia elétrica. Atua como uma bomba de elétrons, removendo-os de um pólo positivo (ânodo) e empurrando-os para um pólo negativo (cátodo). A reação química, que consome/libera elétrons no interior da célula, é denominada reação de oxi-redução. Enquanto está ocorrendo a reação, há um fluxo constante de íons através de uma substância líquida ou pastosa (eletrólito), com obtenção de energia elétrica. Bateria é um conjunto de pilhas interligadas convenientemente, dispostas em série ou em paralelo, para produzir a voltagem desejada^{46,48,161}.

Essencialmente, uma bateria é um recipiente contendo substâncias químicas que produzem elétrons. É uma máquina eletroquímica, ou seja, um dispositivo que produz eletricidade através de reações químicas. As baterias têm dois pólos, um positivo e outro negativo. Os elétrons saem do pólo positivo e são recolhidos no pólo negativo. A eletricidade só é gerada quando os dois pólos estão em contato em um circuito fechado, como em uma aparelhagem ou em um celular ligados¹²⁴.

O princípio de funcionamento das pilhas e baterias é basicamente o mesmo para todas, podendo variar de acordo com o sistema químico utilizado, o qual vai determinar, entre outras coisas, sua capacidade, potência, vida útil e o grau de agressividade à saúde e ao ambiente, quando transformadas em resíduos. Outra classificação importante, aplicada às pilhas, é quanto ao meio físico em que ocorrem as reações químicas: pilhas secas e pilhas úmidas.

Na maioria dos sistemas químicos de pilhas e baterias, o cátodo fornece o agente oxidante (geralmente um óxido metálico) e o ânodo (geralmente constituído de um metal) sofre uma oxidação ou corrosão. A reação química é produzida pelos

dois eletrodos, os quais são introduzidos em um eletrólito líquido ou pastoso²². Nas pilhas e baterias secas, objetos deste estudo, o eletrólito é imobilizado na forma de pasta ou gel, ou imerso em um separador. Os outros componentes da bateria são inativos e são feitos de metal ou material combustível (plástico, papelão etc.)¹⁵⁵.

1.4. Tipos de pilhas e baterias portáteis destinadas ao consumidor

O presente estudo é direcionado para baterias portáteis dos tipos primário (ou pilha) e secundário (bateria recarregável), destinados ao uso pelo consumidor comum. Um levantamento dos diversos tipos dessas pilhas e baterias atualmente disponíveis no mercado foi efetuado, visando-se à diferenciação do gerenciamento empregado para cada tipo específico. Não são contempladas nesta pesquisa, as baterias industriais e veiculares.

As pilhas e baterias podem ser classificadas de várias maneiras, de acordo com formato, tamanho, aberta ou fechada, removível ou montada fixa no aparelho, finalidade a que se destina, sistema químico utilizado etc¹⁴⁵. Além disso, podem ser divididas em primárias, do tipo “*one way*” (pilhas descartáveis) e secundárias (baterias recarregáveis, ou acumuladores)¹⁴⁵.

Como baterias descartáveis (pilhas), consideram-se as de uso doméstico dos tipos alcalinas, zinco-carbono, botão, entre outras. Tais produtos são utilizados em lanternas, aparelhos de rádio portáteis e do tipo “*walk-man*”, câmeras fotográficas, relógios, aparelhos de surdez, entre outros¹⁴⁵.

Entre as baterias recarregáveis (acumuladores), as mais comuns são as de níquel-cádmio, chumbo-ácido, níquel-metal hidreto e as de lítio. Existem baterias recarregáveis, as quais são montadas fixas em alguns aparelhos e que, entre outras aplicações, são utilizadas para “armazenar” memória em microcomputadores portáteis. As pilhas e baterias podem ser encontradas em vários formatos e tamanhos, sendo que as portáteis podem também ser classificadas segundo a finalidade a que se destinam:

- *Para propósitos:* as baterias recarregáveis, de uso doméstico e geral, são utilizadas em lanternas, brinquedos e muitos outros equipamentos portáteis, domésticos e profissionais, correspondendo a 90% do mercado mundial de pilhas e baterias.
-
- *Pilhas do tipo botão:* utilizadas em relógios, câmeras fotográficas, aparelhos de surdez, calculadoras, entre outras aplicações. Respondem por 2% do mercado mundial de pilhas e baterias.
- *Recarregáveis:* utilizadas em computadores portáteis, telefones celulares, telefones sem fio, escovas dentais, câmeras de vídeo, ferramentas elétricas, entre outros, além de equipamentos que possuem bateria fixa montada em sua estrutura. Correspondem a 8% do mercado mundial de pilhas e baterias.

Porém os dados aqui apresentados¹², são dinâmicos e dependem muito do avanço tecnológico de cada setor e da demanda de mercado.

1.5. Principais tipos de pilhas e baterias atualmente existentes no mercado

Quanto ao sistema químico, os tipos mais comuns de pilhas (ou baterias primárias) encontrados no mercado são:

- pilhas de zinco-carbono,
- pilhas de zinco-cloreto (*heavy-duty*),
- pilhas de manganês (alcalinas),
- pilhas de óxido de mercúrio,
- pilhas de óxido de prata,
- pilhas de zinco-ar,
- pilhas de lítio.

Os principais tipos de baterias secundárias (ou recarregáveis) portáteis, encontradas no mercado, são:

- baterias de níquel-cádmio,
- baterias chumbo-ácido,
- baterias de níquel-metal hidreto (Ni-MH),
- baterias de íon lítio (Li-íon).

O Quadro I apresenta os principais tipos de pilhas e baterias portáteis disponíveis comercialmente e os componentes básicos de seu sistema químico.

QUADRO I – Tipos de pilhas e baterias portáteis estudados

	<i>Tipo de sistema químico</i>	<i>Espécie Reduzida¹</i>	<i>Espécie Oxidada²</i>	<i>Eletrólito³</i>
PRIMÁRIAS	Zinco-carbono	MnO ₂	Zn	Cloreto de amônio
	Zinco-cloreto	MnO ₂	Zn	Cloreto de zinco
	Manganês (Alcalino)	MnO ₂	Zn em pó	Hidróxido de potássio
	Óxido de mercúrio	HgO	Zn em pó	Hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio
	Óxido de prata	Ag ₂ O	Zn em pó	Hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio
	Zinco-ar	O ₂ (do ar)	Zn em pó	Hidróxido de potássio
	Lítio	MnO ₂	Li	Alcalino ou solvente orgânico
SECUNDÁRIAS	Níquel-Cádmio	NiO ₂	Cd	Hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio
	Chumbo-ácido	PbO ₂	Pb	Ácido sulfúrico
	Níquel-Metal Hidreto	Ni (OH) ₂	M (liga absorvente de H)	Solução constituída principalmente de hidróxido de potássio
	Lítio-íon	LiCoO ₂	C cristalizado	Solvente orgânico otimizado por carbono

Fontes: CEMPRE (1995), CETEM (1999), ABINEE (2000), CEFETEQRJ (2000), ENVIRONMENTAL CANADA (2001), BYD (2001), SIMBA (1995).

espécie reduzida (cátodo), 2. Espécie oxidada (ânodo), 3. Condutores de corrente elétrica.

1.6. Principais características e aplicações dos tipos de pilhas e baterias estudados

a) Baterias primárias ou pilhas (descartáveis):

- **Zinco-carbono (Zn-C):** também chamadas de “pilhas de Leclanché”, ou pilhas comuns. Tendem a vazar quando descarregam. Contêm, em média, 0,01% de mercúrio sob a forma de cloreto mercúrico (HgCl_2), o qual reage espontaneamente com a superfície interna do invólucro de zinco. Contêm, também, 0,01% de cádmio (em peso), dióxido de manganês (MnO_2), cloreto de amônio (NH_4Cl) e cloreto de zinco (ZnCl_2), os quais são um tanto ácidos e, portanto, corrosivos. Geralmente, seu invólucro externo é feito de papelão e o interno de zinco. Se, durante a descarga, a reação de oxidação não for uniforme a corrosão torna-se excessiva, ocorrendo a perfuração do invólucro com vazamento do eletrodo corrosivo. São encontradas em diversos tamanhos, no formato cilíndrico. Não estão regulamentadas pela legislação brasileira, sendo permitido o seu descarte juntamente com o resíduo urbano comum^{8,16,40,46}.
- **Zinco-cloreto (Zn-Cl):** também chamadas de “Heavy Duty”, ou de alto desempenho. São uma versão melhorada das pilhas de zinco-carbono comuns e, por isso, mais caras. São muito similares às pilhas comuns em sua construção, mas possuem maior durabilidade (cerca de 40% a mais), sendo capazes de suportar maiores variações de temperatura, com maior resistência a vazamentos. Estas pilhas, como as de Zn-C, contêm em média 0,01% de mercúrio e 0,01% de cádmio (em peso). A principal diferença entre os dois sistemas está no eletrólito, onde foi substituído o cloreto de amônio por cloreto de zinco. Têm as mesmas aplicações que as das pilhas de zinco-carbono. Outras variações, na composição do eletrólito e dos eletrodos, são encontradas nas pilhas de zinco-carbono existentes no mercado, visando modificar o desempenho e as limitações do sistema. São encontradas em diversos tamanhos, no formato cilíndrico. Não estão regulamentadas pela legislação brasileira e é permitido o seu descarte, juntamente com o resíduo urbano comum^{16,40,46,100}.

OBS: Atualmente, nas pilhas de Zn-C e de Zn-Cl, o teor de mercúrio caiu para 0,01% em peso¹¹⁵. Segundo o *U.S. Bureau of Mines*, com as novas tecnologias o consumo de mercúrio na indústria de pilhas e baterias nos EUA, em 1999, foi 99,41% menor do que o registrado em 1984. Durante esse mesmo período, as vendas anuais de baterias alcalinas nos Estados Unidos aumentaram 150%⁴⁰.

- **Alcalinas de manganês (Mn):** também conhecidas como “*pilhas de longa duração*”. Possuem alto desempenho e perdem apenas 2% de sua capacidade, após 12 meses sem uso. Uma única pilha alcalina pode substituir 3,5 pilhas comuns, ou 2,5 pilhas do tipo “*Heavy Duty*”, mas pode chegar a ser até dez vezes mais cara que as pilhas comuns. O invólucro externo é feito de aço. São utilizadas, basicamente, nos mesmos aparelhos que as pilhas de Zn-Cl e de Zn-C, quando se requer uma corrente mais potente, por um período de tempo mais longo. Possuem qualidades elétricas superiores, são mais resistentes a altas temperaturas e oferecem maior segurança contra vazamentos. Por outro lado, necessitam de maior quantidade de mercúrio que as pilhas de Zn-C e de Zn-Cl (0,5 a 1,0% em peso). O ânodo é constituído de zinco em pó. O eletrólito alcalino é o hidróxido de potássio (KOH), altamente condutor. Basicamente o cátodo é, constituído por dióxido de manganês eletrolítico. São encontradas em diversos tamanhos, nos formatos cilíndrico, retangular e botão^{46,100,115}.

Desde a década de 90, nos Estados Unidos, em países da Europa e no Japão, já se produzem pilhas alcalinas com 0,025% de mercúrio metálico. Dependendo dos padrões estabelecidos pelo país, as baterias alcalinas contêm de 0,5 e 1% em peso de mercúrio, embora pesquisadores nos Estados Unidos, Japão e Alemanha já estejam desenvolvendo tecnologias para reduzir a quantidade de mercúrio das mesmas. Nesses países, praticamente, quase todo o mercúrio foi eliminado das baterias domésticas convencionais de Zn-C e Zn-Cl e das pilhas alcalinas. Um fato pouco conhecido é que, as baterias alcalinas contêm significativas quantidades de mercúrio amalgamado com o zinco em pó^{26,33,40}. Assim como as de Zn-C, estas pilhas não estão regulamentadas pela legislação brasileira e é permitido o seu descarte, juntamente com o resíduo urbano comum^{16,46,100}.

Óxido de mercúrio (HgO): conhecidas também como baterias “*Ruben-Mallory*”, ou *RM*, foram desenvolvidas primeiramente nos EUA, em 1940, para substituir as pilhas Leclanché, revolucionando a indústria de baterias. Possuem um eletrodo de óxido de mercúrio (HgO) e contêm um alto teor energético, por unidade de peso ou volume dados, devido ao seu alto teor de oxigênio. Têm vida útil longa e perdem voltagem a uma taxa relativamente constante. Possuem vantagens técnicas, tais como: alta densidade de energia, boa estabilidade durante a perda e possibilidade de liberar, instantaneamente, grande intensidade de energia. Pesam cerca de 2,5g, sendo, aproximadamente, 30% do seu peso total constituído por mercúrio inorgânico¹¹⁵. As baterias de HgO são utilizadas em aparelhos de surdez, marca-passos, equipamentos fotográficos, relógios, minicalculadoras, jogos eletrônicos, entre outros. São encontradas em diversos tamanhos, nos formatos cilíndrico, retangular e principalmente botão^{12,46}.

Basta a presença de uma única pilha de HgO em 6 toneladas de resíduos para ultrapassar o limite do teor de mercúrio no resíduo sólido urbano, permitido pela Legislação Federal dos Estados Unidos¹⁵⁴. Um estudo realizado no Japão mostrou que, uma pequena porção do mercúrio contido nessas baterias apresenta-se sob sua forma mais tóxica, o metilmercúrio. Estas baterias devem ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente e estão regulamentadas pela legislação brasileira vigente¹⁶. Porém, não existe no país nenhum controle, ou alguma ação prática, a esse respeito.

Óxido de prata (Ag₂O₂): também conhecidas como baterias de prata, são parecidas com as de HgO. Começaram a ser comercializadas nos EUA, em 1961. A principal diferença entre os dois sistemas é o cátodo, constituído de óxido de prata bivalente (Ag₂O₂). Apesar do alto teor de oxigênio, as baterias de óxido de prata oferecem apenas uma modesta vantagem sobre as de óxido de mercúrio, podendo prolongar sua vida útil de 10% a 15%. Entretanto, essa diferença, pode ser crítica em algumas circunstâncias, onde são requeridas voltagens mais altas. Neste quesito, apresenta vantagens sobre os sistemas de HgO, de Zn-C e de Zn-Cl. Por outro lado, este tipo forma um sistema menos estável, o que pode

também pode acarretar uma diminuição de sua vida útil. Possuem cerca de 1% (em peso) de mercúrio.

Têm as mesmas aplicações que as baterias de HgO, não havendo obstáculos técnicos na substituição de uma pela outra. Porém, estas últimas são mais caras e só existem na forma de botão. Estas baterias deveriam ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente, devido ao seu teor de mercúrio. Não estão regulamentadas pela legislação brasileira vigente e não existe, no país, nenhuma ação prática a esse respeito^{16,12,46,155}.

- **Zinco-ar (Zn-ar):** seu desenvolvimento é recente e vem, gradativamente, substituindo as baterias de HgO, por possuírem maior capacidade energética e serem menos poluentes. Apesar disso, o sistema Zn-ar apresenta uma série de problemas. Existem sempre impurezas no ar, as quais variam de acordo com as condições climáticas e o local, podendo interferir no funcionamento do sistema de várias maneiras. Além disso, a célula de zinco-ar deve permanecer lacrada até sua pronta utilização, para que não ocorra uma descarga prematura. Quando o selo é removido, a bateria se descarrega com relativa rapidez (em aproximadamente três meses). Isto significa que, não se pode usá-la por um tempo e guardá-la para reutilização posterior. São utilizadas em: aparelhos auditivos, relógios, equipamentos fotográficos, entre outros. Só existem na forma de botão^{12,46,155}.

O sistema Zn-ar funciona um pouco diferente dos demais, sendo o cátodo de carvão ativado, onde o oxigênio, captado do ar, torna-se eletroquimicamente ativo. O ar é introduzido no invólucro através de orifícios, que ficam cobertos com um selo removível, antes de a bateria ser utilizada. Contem cerca de 1% (em peso) de mercúrio, o qual é utilizado como agente inibidor^{46,115,155}. Estas baterias deveriam ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente, devido ao seu teor de mercúrio. Não estão regulamentadas pela legislação brasileira vigente¹⁶, não existindo, no país, nenhum controle ou ação prática a esse respeito.

- **Lítio (Li):** quando foi criada, no início da década de 60, havia risco de explosão devido à alta reatividade do lítio metálico em presença de água ou de agente oxidante. Esse problema foi controlado, utilizando-se recipientes especiais e eletrólitos não aquosos. As pilhas de lítio são isentas de mercúrio e de cádmio e possuem longa duração. Oferecem quase o dobro de voltagem em relação aos demais tipos de pilhas. Encontram aplicação em equipamentos médicos e domésticos. São utilizadas como fonte de energia para relógios, calculadoras, câmeras fotográficas, jogos eletrônicos de bolso, *flashes* etc. Existem nos formatos cilíndrico ou de botão^{46,115}.

O lítio tem alto potencial eletroquímico quando utilizado como ânodo e seu baixo peso (cerca de 30 vezes menor que o do chumbo) constitui uma grande vantagem. Os sistemas de lítio podem ser utilizados com diferentes configurações, dependendo da finalidade a que se destina. As mais comuns são as pilhas em que o ânodo é constituído de lítio metálico e o cátodo de dióxido de manganês (MnO_2)^{46,155}. Estas baterias deveriam ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente, devido às substâncias tóxicas componentes de seu sistema. Não estão regulamentadas pela legislação brasileira vigente¹⁶ e não existe, no país, nenhum controle ou ação prática a esse respeito.

OBS: Todos os tipos de pilhas e baterias encontrados no mercado contêm mercúrio, com exceção das pilhas de lítio. O mercúrio está presente em quantidades variadas, dependendo das necessidades do sistema. A função do mercúrio, nas pilhas que não o utilizam como eletrodo, é de armazenar as impurezas contidas em suas matérias primas, as quais são geradoras de gases que podem prejudicar seu desempenho e segurança. Funciona como um elemento passivo de inibição, controlando as reações indesejáveis em seu interior e aumentando seu desempenho. Sem o mercúrio na sua composição, a pilha enche-se de ar, podendo causar vazamento ou, até mesmo, explosão^{115,187}.

b) Baterias secundárias (recarregáveis)

Níquel-cádmio (Ni-Cd): começaram a ser fabricadas e comercializadas na década de 50. Têm largo campo de aplicação na indústria e em equipamentos de telecomunicações, transporte, saúde, informática, telefones celulares e sem fio, eletrodomésticos, ferramentas, brinquedos, enfim em qualquer equipamento portátil. Existem dois tipos de baterias de Ni-Cd: as abertas e as lacradas de gás comprimido. As abertas são grandes unidades (não contempladas nesta pesquisa) e são utilizadas na indústria, em equipamentos de transporte (navios, trens, aviões), como fonte de energia de emergência, entre outros usos. Têm um tempo de vida útil de dez a trinta anos, dependendo da finalidade a que se destina²³.

As baterias recarregáveis de Ni-Cd portáteis, lacradas, de gás comprimido, são fabricadas nos formatos botão e cilíndrico. São designadas pela norma IEC 285 (*International Electrotechnical Commission*) como “células secundárias alcalinas” (“*battery pack*”), ou como: células simples cilíndricas recarregáveis, de Ni-Cd lacradas (com aparência de pilhas). Sua capacidade varia de 100 a 7000 mA¹⁹. Os pólos positivo e negativo são arrumados juntos. O ânodo é constituído por cádmio e o cátodo por óxido de níquel (NiO₂) em forma pastosa. O eletrólito é uma solução aquosa alcalina, geralmente hidróxido de sódio (NaOH) ou de potássio (KOH), a qual se encontra totalmente absorvida na placa e no separador constituído por uma fibra de polímero. A porcentagem do Cd é, geralmente, menor do que a do Ni e representa cerca de 15% do peso total^{46,155}.

As baterias de Ni-Cd possuem excelentes características de descarga, com baixa resistência interna e voltagem alta e constante, mesmo durante uma forte descarga de corrente elétrica. Podem ser estocadas por longo tempo, sendo possível recarregá-las rapidamente, quando necessário. Funcionam mesmo em condições extremas de temperatura (70°C ou mais). Eficientes e seguras, não necessitam de manutenção, podendo ser utilizadas em qualquer posição durante a carga, a descarga e o armazenamento¹⁹. São mais baratas do que as de Ni-MH e as de Li-íon.

□ *Características gerais:*

- *Características de carga:* essas baterias são afetadas por corrente, tempo de carga, temperatura e outros fatores. O aumento de corrente de carga, ou a redução de temperatura de carga provocam um aumento da voltagem na bateria. A eficiência de carga varia com a corrente, o tempo de uso e a temperatura¹⁹. A cada recarga, os períodos entre os carregamentos vão se encurtando. Uma das desvantagens das baterias de Ni-Cd é o chamado *efeito memória*, o qual faz com que a capacidade de recarga seja limitada a uma quantidade igual à da recarga anterior. Se a carga da bateria não estiver completamente zerada, o carregador vai “entender” que a carga máxima da bateria é igual à quantidade total, menos a carga residual. Isto porque, nas baterias de Ni-Cd, as cargas não se misturam¹²⁴. Portanto, para se recarregar uma bateria de Ni-Cd deve-se antes descarregá-la completamente pois, do contrário, sua vida útil será rapidamente diminuída. Atualmente, já existem certos tipos de baterias de Ni-Cd especialmente construídas de maneira a eliminar esse problema¹⁹.

- *Características de descarga:* variam com a corrente, a temperatura e outros fatores. Geralmente, em comparação com as pilhas secas, há menor flutuação de voltagem durante a descarga e mesmo se a corrente de descarga for alta a perda de sua capacidade será muito baixa¹⁹.

- *Características do ciclo de vida:* têm longa vida útil, muitas vezes com uma expectativa de vida similar à do dispositivo no qual é utilizada. Seu ciclo de vida varia com as condições de uso, carga e descarga, e de temperatura. De acordo com as especificações de carga e descarga do IEC, é possível se obter mais de 500 ciclos de carga e descarga, o que as torna extremamente econômicas¹⁹.

- *Características de armazenagem:* a autodescarga é acelerada por aumento da temperatura. A perda em seu desempenho é pequena, mesmo após longo período de armazenagem. A diminuição da capacidade por autodescarga, durante a armazenagem, pode ser facilmente restaurada a seu nível original, através da recarga¹⁹.

- *Características de segurança:* podem explodir se houver aumento de pressão em seu interior, resultando em sobrecarga, curto-circuito ou carga reversa, devido ao seu uso inadequado. Quando exauridas, transformam-se em resíduos perigosos, tóxicos à saúde e ao ambiente e devem ser segregadas, armazenadas, tratadas e dispostas adequadamente¹⁹. Estão regulamentadas pela legislação brasileira vigente¹⁶.

- **Chumbo-ácido (Pb-ácido):** as pequenas baterias seladas de chumbo-ácido são encontradas nos formatos: cilíndrico e prismático. Os materiais ativos são o chumbo metálico (ânodo) e o óxido de chumbo (PbO₂) (cátodo). O conjunto é impregnado com um eletrólito de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e lacrado em um recipiente de polipropileno. Se necessário, é também utilizado um invólucro exterior de metal. Essas baterias têm aplicações semelhantes às de Ni-Cd e, apesar de não terem a mesma eficiência, têm a vantagem de apresentar um baixo custo^{58,155}. Do ponto de vista sanitário e ambiental, o chumbo é tão prejudicial quanto o cádmio. Quando esgotadas, devem ser segregadas, armazenadas, tratadas e dispostas adequadamente. Estão regulamentadas pela legislação brasileira vigente¹⁶.

OBS: As baterias automotivas são, geralmente, do tipo chumbo-ácido, fato que as classifica como de elevado risco ambiental se descartadas inadequadamente, devido aos conhecidos efeitos nocivos do chumbo sobre os seres vivos. Não estão incluídas neste estudo. Pelo fato de o Brasil não ser auto-suficiente em chumbo primário, essas baterias, quando exauridas, possuem valor comercial. São recicladas em quase sua totalidade, através de um sistema de coleta das baterias usadas já existente há muitos anos no país, por ocasião da aquisição de novas. Seu reprocessamento se dá em unidades de produção de chumbo secundário. Deve-se observar, porém, que muitas das empresas dedicadas à reciclagem dessas baterias não estão preparadas para evitar a poluição ambiental resultante dessa atividade, devido a fatores como processos rudimentares, instalações precárias, inexistência ou inadequação de sistemas de controle de poluição. Portanto, cabe observar a necessidade de um controle mais eficaz sobre esse segmento industrial, para se evitar riscos à saúde pública e danos ao ambiente⁵¹.

Níquel - Metal Hidreto (Ni-MH): as baterias de metal hidreto (MH) recarregáveis tiveram uma grande força de penetração no mercado em um curto espaço de tempo, principalmente, no campo da telefonia celular. O desenvolvimento dessas baterias teve origem em pesquisas européias sobre fontes alternativas de energia, pelo químico Standford Ovshinsky, seguindo a trilha deixada pela crise do petróleo, na década de 1970¹²⁴. Porém, por razões ambientais, de rendimento e de uma estratégia industrial previdente, foi o Japão que, em meados da década de 80, adiantou-se ao priorizar o desenvolvimento de baterias alternativas, o que levou à introdução das baterias de MH no mercado, no início da década de 90. Naquele país, as baterias recarregáveis para equipamentos portáteis são consideradas como componentes estratégicos⁹¹.

No começo de 1991, as indústrias japonesas *Sanyo* e *Matsushita*, que já fabricavam baterias de Ni-Cd, introduziram no mercado as novas baterias de MH com uma capacidade de produção de 400 mil unidades/mês. Na época, essas baterias eram caras e foram lançadas como baterias de alta capacidade para serem utilizadas em produtos especiais, nos quais longos tempos de uso de energia eram requeridos, tais como os telefones celulares. No início, o volume da produção caminhou lentamente, pois a fabricação desses produtos concorria diretamente com sua própria produção de baterias de Ni-Cd. Por outro lado, a também japonesa *Toshiba*, que não produzia nenhum tipo de bateria portátil, vislumbrou na nova tecnologia a esperada oportunidade de entrar no florescente e promissor mercado de baterias. Em 1993, a empresa transformou-se em líder desse mercado. Em 1994, a indústria japonesa já respondia por três quartas partes da produção mundial de baterias de Ni-MH. Por possuírem, aproximadamente, o dobro da densidade de energia e uma voltagem de operação similar a das baterias de Ni-Cd, as baterias de Ni-MH tendem a permanecer como um sustentáculo, na próxima geração de baterias recarregáveis⁹¹.

Sua estrutura básica é idêntica à das baterias de Ni-Cd. Basicamente, as baterias de Ni-MH possuem um eletrodo de hidróxido de níquel [Ni (OH)₂] (positivo) e um eletrodo constituído por uma liga metálica absorvente de hidrogênio

(negativo), capaz de absorver e liberar o hidrogênio em altos níveis de densidade, um separador feito de finas fibras (existem várias opções), um eletrólito alcalino, constituído principalmente de hidróxido de potássio (KOH), um invólucro metálico e uma placa vedante provida de válvula de segurança⁹¹.

O processo de fabricação dos eletrodos varia de acordo com cada fabricante. Um eletrodo de MH tem uma densidade de energia de, aproximadamente, o dobro da densidade de um eletrodo de Cd, o que proporciona à bateria de MH uma capacidade cerca de 30% maior. O eletrodo de níquel é, infelizmente, significativamente mais volumoso. Existe um tipo avançado de eletrodo de Ni, baseado em uma tecnologia denominada “*Ni-foam*” (níquel-espuma), no qual o hidróxido de níquel vibra em espuma de níquel metálico obtida por um processo de fabricação extremamente complicado e caro. Para que as vantagens do MH possam ser plenamente usufruídas, as pesquisas continuam em busca de novas opções de substituição ao eletrodo de níquel, rumo a uma super bateria. Enquanto isso as pesquisas estão em plena evolução, direcionadas ao desenvolvimento de ligas de MH mais baratas⁹¹.

Sabe-se, atualmente, que a liga metálica que constitui o eletrodo negativo na bateria de Ni-MH é, na realidade, uma liga composta basicamente por quatro metais: níquel, vanádio, titânio e nióbio, todos metais pesados. Esses metais formam hidretos superficiais transitórios que fazem o papel do Cd na tradicional bateria de Ni-Cd. No entanto, esta é uma informação extra-oficial, pois é algo reservado, não se conhecendo nenhuma referência aberta sobre essa análise². Outras baterias de Ni-MH utilizam como componentes do eletrodo negativo metais extremamente tóxicos, como cromo, estanho, antimônio, alumínio, cobalto, zircônio, lantânio e seus compostos (lantanídeos), entre outros. Isto torna as baterias de Ni-MH muito mais caras do que as de Ni-Cd¹²⁴.

Estudos foram realizados no *Institute for Problems of Materials Science*, na Ucrânia, com o objetivo de desenvolver novas e altamente eficientes ligas de MH, baseados nos recursos dos metais de terras-raras (lantânio e lantanídeos)

daquele país, para aplicação em baterias recarregáveis de Ni-MH e para sistemas de bateria de energia solar/MH. Ligas especiais, utilizando alta tecnologia, têm sido desenvolvidas com menor teor de cobalto e propriedades eletroquímicas intensificadas¹⁴⁶.

Estudos feitos pelo Laboratório de Propulsão a Jato da NASA, na Califórnia, mostraram que o ciclo de vida dos eletrodos na forma de hidreto, para baterias eletroquímicas recarregáveis de Ni-MH, foi melhorado com a substituição de uma parte do Ni por germânio, no LaNi_5 . Descoberta similar com a substituição de parte do níquel por estanho também foi relatada. Entretanto, as primeiras experiências de substituição por outros metais ainda não obtiveram sucesso¹²⁹.

□ ***Características gerais:***

As baterias de Ni-MH são encontradas nos formatos cilíndrico e prismático e possuem as seguintes características principais¹⁹:

- *Características de carga:* a carga pode ser afetada por corrente, tempo de carga, temperatura ambiente, condições de uso e outros fatores. Sua voltagem aumenta com o aumento da intensidade de corrente de carga ou com baixa temperatura. A eficiência de carga varia com corrente, temperatura (a temperatura de carga deve estar entre 0°C e 45°C , com corrente constante), tempo e outros fatores. Podem ser rapidamente carregadas. Deve-se evitar sobrecarga, para preservar suas características. O efeito memória nas baterias de Ni-MH é significativamente menor do que nas baterias de Ni-Cd.

- *Características de descarga:* possuem voltagem e características de descarga similares à das de Ni-Cd, sendo também afetadas por corrente, temperatura etc. A eficiência das voltagens de carga e descarga diminui, proporcionalmente, ao aumento de corrente ou à queda de temperatura. Sendo sua resistência interna baixa, é possível obter condições para alta taxa de descarga. Em comparação com as baterias de Ni-

Cd, possuem uma taxa de descarga inferior, o que as tornam menos adequadas para o uso em aplicações que requeiram altas correntes de descarga.

- *Características do ciclo de vida:* podem ser descarregadas e recarregadas repetidamente por cerca de 500 ciclos, quando usadas de acordo com as especificações do IEC (IEC 61436 – *condições de carga e descarga*).
- *Características de armazenagem:* Quando armazenadas carregadas, têm sua capacidade diminuída gradualmente devido a uma autodescarga. Essa tendência será acentuadamente maior após longo tempo de armazenagem a altas temperaturas. Entretanto, a capacidade pode ser restaurada através de uma recarga. A autodescarga é afetada pela temperatura ambiente e pelo espaço de tempo no qual as baterias são deixadas sem uso.
- *Características de segurança:* quando a pressão interna nas baterias aumenta, devido à sobrecarga, curto-circuito, carga reversa, abuso, ou mau uso, a válvula de segurança autovedante é ativada para prevenir danos à bateria. As baterias de Ni-MH são isentas de cádmio e, praticamente, isentas de mercúrio, mas possuem características de segurança similares às de Ni-Cd. Teoricamente, são consideradas menos agressivas que as baterias descritas anteriormente, do ponto de vista ambiental. Porém, com o volume sempre crescente de produção e, conseqüentemente, de descarte, estão longe de deixar de constituir problema no gerenciamento dos resíduos sólidos devido à alta concentração de níquel, o qual é também um metal pesado e comprovadamente tóxico^{4,147,154}. A composição da liga MH, do eletrodo negativo, também deve ser levada em consideração, fato que não ocorre. Quando exauridas, deveriam ser segregadas, armazenadas, tratadas e dispostas adequadamente, apesar de a legislação brasileira assim não o exigir¹⁶.

- *Lítio-íon (Li-íon):* historicamente, as baterias do tipo Pb-ácido, Ni-Cd e Ni-MH têm sido a escolha convencional para baterias portáteis recarregáveis. Na trilha das recentes tendências, em direção aos equipamentos eletrônicos móveis e sem fio, novas baterias recarregáveis são requeridas para proporcionar uma

maior densidade de energia, a fim de suprir as necessidades desses equipamentos cada vez menores e mais leves. Além disso, a atenção com que tem sido enfocada a proteção ambiental tem resultado em demanda por produtos mais corretos, nesse sentido.

A bateria recarregável de lítio-íon (Li-íon) representa uma grande promessa como sendo a que irá conseguir cumprir tais requisitos. Esta tecnologia oferece excelentes aspectos, tais como alta densidade de energia, alta voltagem, boas características de armazenamento e de ciclo de vida. Essas baterias são largamente utilizadas para aplicações trifásicas, tais como: computadores pessoais (PCs), telefones celulares, equipamentos eletrônicos portáteis pessoais, como *CD-players*, câmeras de vídeo, etc¹⁹.

Existem quatro estruturas de bateria de Li-íon: cilíndrica, concha prismática, prismática de alumínio com cantos arredondados e prismática de concha de aço. O eletrodo positivo utiliza um coletor de Li-íon, constituído de óxidos de lítio e cobalto metálicos (LiCoO₂) e um coletor de corrente de folha de alumínio. O eletrodo negativo é constituído de carbono altamente cristalizado. Utiliza-se, como fluido eletrolítico, um solvente orgânico contendo LiPF₆, otimizado por carbono especial¹⁹.

□ ***Características gerais:***¹⁹

- ***Características elétricas de carga:*** é requerido carregador especial CC/CV que controla a carga de corrente em cada célula. Enquanto a voltagem constante estiver sendo aplicada a carga de corrente cairá a zero, eliminando assim qualquer sobrecarga da bateria. A bateria deve ser protegida contra carga reversa.

- ***Características de temperatura de carga:*** a temperatura de carga pode variar de 0° a 45° C. Deve-se considerar, também, o arranjo das células dentro da bateria, de maneira que a variação de temperatura em seu interior se mantenha nesta faixa

mesmo quando afetada pelo calor gerado pelo carregador. Abaixo de 0°C, a bateria não deixará de funcionar, mas seu desempenho poderá ser deteriorado.

- *Características elétricas durante a descarga:* Uma corrente de descarga maior que 2V, dependendo do intervalo de pulso, pode reduzir a capacidade da bateria. Um vazamento de corrente no carregador pode causar um excesso de descarga na mesma.
- *Características de temperatura durante a descarga:* a descarga deve ser feita dentro da faixa de -20° a 60°C. Abaixo de -20°C, ocorrerá uma diminuição significativa da capacidade de descarga.
- *Características de armazenagem:* devem ser armazenadas em ambiente com baixa umidade e livre de gases corrosivos, em temperatura entre 20° a 35°C. Uma temperatura igual ou superior a 60°C, ou uma voltagem mais alta durante a armazenagem, acelerará a deterioração do desempenho da bateria. Para um tempo de armazenagem mais longo, recomenda-se mantê-la a uma baixa voltagem. Armazenagens por períodos muito longos podem resultar em excesso de descarga.
- *Características do ciclo de vida:* sob condições normais e usadas de acordo com as especificações, podem ultrapassar os 500 ciclos de carga e descarga.
- *Características de segurança:* devem ser montadas de forma a evitar a exposição ao aquecimento no equipamento. Deve-se evitar: vazamentos de líquidos, ondas eletromagnéticas, impactos mecânicos, incineração, ou quaisquer outras condições anormais de segurança, pois podem correr riscos de explosão ou de vazamento¹⁹. Devem ser coletadas, armazenadas, tratadas e dispostas adequadamente, mesmo quando exauridas, apesar de a legislação brasileira assim não o exigir¹⁶.

Vantagens: As baterias de Li-íon apresentam as seguintes vantagens¹⁹:

- **Alta densidade de energia:** o peso de uma bateria de Li-íon é o de(aproximadamente, a metade do peso de uma bateria de Ni-Cd ou de Ni-MH.
- **Alta voltagem:** uma célula simples de Li-íon tem uma voltagem equivalente a três células de Ni-Cd, ou três de Ni-MH conectadas em série.
- **Livre de mercúrio:** o sistema químico da bateria de Li-íon é isento de mercúrio.
- **Livre de lítio metálico:** baterias de Li-íon não utilizam o lítio, na forma metálica.
- **Ciclo de vida longo:** sob condições normais, a bateria de Li-íon pode ter uma vida útil de mais de 500 ciclos de carga/descarga.
- **Livre de efeito memória:** a bateria de Li-íon é isenta de “efeito memória”.
- **Rápida capacidade de carga:** a bateria de Li-íon pode ser carregada em 1 a 2 horas, utilizando-se um tipo especial de carregador ¹⁹.

OBS: De um modo geral, a possibilidade de substituição de um tipo de bateria por outro está limitada por suas aplicações, em função de vários fatores, tais como: econômicos, tecnológicos, climáticos, entre outros¹⁴⁵.

1.7. A legislação brasileira sobre pilhas e baterias

O Brasil foi o primeiro país da América do Sul a contar com uma legislação específica para tratar da questão da coleta, reciclagem e disposição final de pilhas e baterias usadas. O *Conselho Nacional do Meio Ambiente* (CONAMA) aprovou uma resolução inédita na América do Sul (Resolução CONAMA n.º 257, de 30.06.99)¹⁶, a qual aborda os impactos negativos causados ao meio ambiente devido ao descarte inadequado de pilhas e baterias usadas e trata de sua disposição final. Em resumo, tal

resolução obriga fabricantes e importadores a receberem e a tratarem adequadamente as pilhas e baterias usadas, de qualquer tipo, que contenham em sua composição chumbo, cádmio e mercúrio e seus compostos, sendo estes considerados os responsáveis diretos, caso esse recolhimento não ocorra e estando sujeitos à Lei de Crimes Ambientais. A fiscalização do importador de pilhas e baterias será de responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA). Esses produtos deverão ser encaminhados a empresas recicladoras, ou a aterros classe I.

Nesse mesmo ano, foi aprovada a Resolução CONAMA nº 263, de 12/11/99¹⁶, como complementação da Resolução CONAMA 257/99, determinando a inclusão das pilhas do tipo miniaturas e botão no Art. 6º da Resolução CONAMA 257, o qual estabelece os limites que deverão ser atendidos para a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias.

Com a aprovação das referidas resoluções, fixando os limites para os teores de cádmio, mercúrio e chumbo na composição das pilhas e baterias e regulamentando seu descarte, espera-se que a presença desses metais no resíduo sólido urbano seja mantida em níveis toleráveis à saúde e ao ambiente. Entretanto, a Resolução 257/99, embora bastante detalhada, não dispõe sobre outros tipos de baterias, tão prejudiciais ao ambiente quanto as que estão regulamentadas em seu conteúdo, principalmente, se forem considerados o volume e a rapidez de geração desses resíduos. Como exemplo, pode-se citar as baterias de níquel-metal hidreto, que vêm substituindo as baterias de níquel-cádmio, por serem consideradas mais “ambientalmente corretas”, fato que merece um estudo com maior profundidade.

Na Europa, nos Estados Unidos, Canadá e Japão todas as baterias contendo níquel devem ser coletadas separadamente, recicladas, ou tratadas para, então, receberem uma disposição final adequada. Outros países têm adotado normas rígidas para o descarte de pilhas e baterias usadas, evidenciando a dimensão do problema.

1.8. Coleta e reciclagem de baterias usadas

A coleta de baterias usadas tem sido implantada em vários países e a resposta do público às campanhas de retorno desses materiais para a reciclagem pode ser qualificada de favorável. No entanto, essas iniciativas têm demonstrado que o principal problema não é a coleta e sim a questão da disposição final e/ou tratamento dispensado às baterias usadas.

As baterias usadas podem ser tratadas de diferentes maneiras, incluindo-se: reciclagem, incineração em incineradores especiais, encapsulamento em materiais inertes, processos químicos, processos pirometalúrgicos, reprocessamento para recuperação de matérias primas, entre outros¹⁸⁷.

Para qualquer que seja o destino final, ou o tratamento selecionado para as baterias coletadas, seria recomendável segregação de acordo com o tamanho e componentes químicos de seu sistema, por diversas razões, tais como econômicas (para recuperar os elementos mais valiosos, como prata, níquel e cádmio), técnicas (para garantir composições regulares nos fluxos de entrada, nos processos de reciclagem) e questões ambientais (para evitar a mistura do cádmio e do mercúrio, contidos em determinadas baterias com baterias de zinco)¹⁸⁷.

No Brasil, atualmente, as únicas baterias que estão sendo coletadas, (dos tipos destinados ao consumidor) são as de telefone celular, para cumprir a legislação vigente. As tecnologias para tratamento e reciclagem estão disponíveis e, algumas delas, têm dado provas de confiabilidade quanto à segurança ambiental¹²². A questão é que, embora o ganho ambiental seja inestimável, a reciclagem desses resíduos não traz vantagens em curto prazo, do ponto de vista econômico. Parte-se do pré-suposto de que o programa não é auto-sustentável, ao contrário de outros programas de reciclagem, como por exemplo os de alumínio e de papel⁴⁸.

1.9. Pilhas e baterias e as implicações na saúde e no ambiente

Os resíduos gerados por pilhas e baterias e descartados juntamente com o resíduo comum podem provocar danos ao ambiente e representar riscos à saúde pública, contaminando os aquíferos freáticos e atingindo o organismo, através da cadeia alimentar, pois contêm metais pesados e outras substâncias tóxicas. Um exemplo é a utilização, em solos agriculturáveis, do composto orgânico obtido a partir do resíduo urbano, propiciando a absorção desses metais através da ingestão por animais e humanos. Por serem bioacumulativos, os metais pesados acabam se depositando no organismo, vindo a afetar suas funções orgânicas. Essas substâncias podem atingir o organismo humano por ingestão, inalação ou contato dérmico¹⁴⁵.

Todas as pilhas e baterias recarregáveis de Ni-Cd, utilizadas em telefones celulares e sem fio, brinquedos e de uso doméstico e geral e quase todas as baterias do tipo botão e as do tipo fixo, embutidas no equipamento, são consideradas perigosas do ponto de vista sanitário e ambiental. No entanto, nem todas apresentam a mesma periculosidade. O mercado dispõe de alternativas menos agressivas e, muitas vezes, o problema está mais ligado aos interesses econômicos do que à tecnologia¹⁴⁵. Atualmente, a tendência é diminuir o teor de mercúrio presente nas pilhas. Pesquisadores e fabricantes têm procurado desenvolver novos tipos de baterias com menores teores de substâncias tóxicas. Células de combustível (“*Fuel Cells*”) passaram a ser exaustivamente pesquisadas, nos últimos anos, em função das questões ambientais e da necessidade de se obter uma forma mais eficiente de energia portátil. Já existem algumas microcélulas de combustível capazes de operar um “*notebook*” por 24 horas, ou um telefone celular por várias semanas. Utilizam álcool (etanol ou metanol) para produzir energia, a partir do consumo dos próprios eletrodos. Quando a célula descarrega, basta reabastecê-la com álcool, da mesma forma que um isqueiro*. No Brasil porém, esse tipo de bateria ainda não é encontrado normalmente e deve-se considerar a incalculável parcela de pilhas e baterias que entra no Brasil ilegalmente, totalmente sem controle e fora de especificações.

* Rossi JL. Diretor da PwC Consulting <jose.l.rossi@br.pwcglobal.com>

2. RESÍDUOS GERADOS POR PILHAS E BATERIAS USADAS

A palavra lixo origina-se do latim *lix*, que significa cinzas ou lixívia. A palavra resíduo, do latim *residuu*, significa o que sobra de determinadas substâncias¹⁴. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em sua NBR-10004 (ABNT⁹ 1987), adota alguns critérios que permitem a classificação dos resíduos sólidos. Esses critérios são função dos riscos à saúde pública e ao ambiente, sendo úteis para um posterior gerenciamento desses resíduos, após sua pré-classificação. A norma estabelece que a classificação dos resíduos perigosos seja baseada em cinco critérios de periculosidade: a) inflamabilidade, b) corrosividade, c) reatividade, d) toxicidade, e) patogenicidade.

Ocorrendo a impossibilidade do enquadramento dos resíduos, em pelo menos um dos critérios citados, a NBR-10004⁹ estabelece a necessidade de que, uma amostra dos mesmos seja submetida a ensaios tecnológicos, avaliando-se as concentrações (em extratos líquidos) de elementos que conferem periculosidade, de acordo com as listas organizadas pela própria norma. A partir desses critérios e ensaios, os resíduos sólidos são classificados e podem ser enquadrados em uma das seguintes classes: Resíduos Classe I – perigosos, Resíduos Classe II – não-inertes, Resíduos Classe III – inertes.

Conforme o exposto anteriormente, as pilhas e baterias contêm inúmeros componentes considerados perigosos de acordo com a NBR – 10004⁹: solventes orgânicos, substâncias corrosivas, reativas, inflamáveis, explosivas, ou tóxicas. Dentre as substâncias normalmente utilizadas nesses produtos, os metais pesados são de grande importância, do ponto de vista sanitário e ambiental, principalmente, devido ao seu alto grau de toxicidade, à sua persistência (não se degradam) no meio ambiente e ao seu poder bioacumulativo (tendência a se acumular nos organismos vivos), sendo pouco eliminados quando absorvidos. Portanto, com base na norma NBR – 10004, deve-se considerar os resíduos gerados por pilhas e baterias usadas como sendo resíduos perigosos, ou seja, Resíduos Classe I.

2.1. Comportamento dos metais pesados nos ecossistemas

Dos 112 elementos conhecidos atualmente, 84 são metais¹⁷⁶. Isto leva a crer que as possibilidades de contaminação ambiental por metais sejam numerosas, porém, sua ocorrência natural, não devem ser considerada como perigosa, pois faz parte do ecossistema. Alguns metais, apesar de sua toxicidade, ocorrem na natureza de maneira escassa, ou são insolúveis, não oferecendo ameaça real à saúde e ao ambiente. Entretanto, devido a fontes antropogênicas verifica-se, atualmente, um grande aumento na circulação de metais no solo, água e ar e seu acúmulo na cadeia alimentar⁴⁸.

A mobilidade de um metal (extensão e rapidez com que é disperso no ambiente) varia com o grau de turbulência do meio aéreo e aquático. Os metais pesados, quando no ar ou na água, são sujeitos ao fenômeno de deposição, ou seja: sedimentação gravitacional, precipitação, impactação, adsorção ou troca química¹¹⁵. O comportamento dos metais pesados, quando lançados em águas naturais, é diretamente influenciado pela quantidade e qualidade do material em suspensão presente. Uma parte dos metais é adsorvida aos sólidos em suspensão, originando-se uma fase particulada e uma fase dissolvida do metal. A afinidade entre essas duas fases pode ser de natureza iônica, física ou química, ocorrendo, normalmente, uma combinação destas três formas. Basicamente, a relação entre as fases dissolvida e particulada do sistema, é determinada por fatores como tipo de partícula, pH, grau de solubilidade da substância química, e a presença de outros compostos⁵⁵.

Introduzidos no meio aquático por lixiviação e no meio aéreo, por gases de incineração, os metais pesados são redistribuídos através dos ciclos geológico e biológico. Nas águas, os contaminantes são expostos a diversas transformações químicas e bioquímicas, podendo afetar sua disponibilidade biológica ou toxicidade, de modo a aumentá-las ou diminuí-las. Produtos de degradação ou de transformação muito mais tóxicos podem resultar a partir do contaminante original¹¹⁸. O ciclo biológico inclui a bioconcentração em plantas e animais e a incorporação na cadeia alimentar, principalmente, através da água e do solo⁵². A destruição parcial ou total

de espécies naturais do ecossistema pode ser causada por determinados compostos metálicos, podendo ocorrer uma seleção dos organismos capazes de sobreviver à ação dessas substâncias. Muitas plantas e animais desenvolvem uma tolerância para um particular metal em excesso, que acaba sendo utilizado para seu desenvolvimento normal. Tais organismos podem causar um problema ambiental, ao transferir o metal acumulado a organismos mais suscetíveis ao seu efeito, através da cadeia alimentar⁵⁵.

2.2. *Toxicologia dos metais pesados*

O interesse no comportamento dos metais pesados no ambiente é motivado, principalmente, pelos efeitos biológicos que podem causar, uma vez que, a maioria desses elementos é essencial ao bom funcionamento dos organismos vivos, na forma de traços, mas potencialmente tóxicos a todo tipo de vida, quando presentes em concentrações elevadas, ou em determinadas combinações químicas¹¹⁵.

A primeira utilização conhecida dos elementos-traços (oligoelementos) em terapia humana remonta ao século XIII, quando o médico Basile Valentin tratou, com esponjas queimadas, o bócio endêmico que assolou a Suíça. Em 1819, Coindet descobriu que esta terapia aportava o iodo necessário à correção das carências devidas ao solo dessas regiões. As primeiras pesquisas sobre os elementos-traços no organismo foram feitas por Bertrand que, em 1912, demonstrou a necessidade da presença de manganês no meio de cultura para desenvolver o fungo *Aspergillus niger*. Em 1922, provou que o cobalto é necessário ao crescimento do camundongo, fazendo a mesma constatação para o manganês, em 1928. Em 1935, MacCraft mostrou que porcas submetidas a uma dieta pobre em cobre reproduziam leitões anêmicos e que, além de adição de ferro, era necessário corrigir a carência de cobre, o qual intervém na síntese da hemoglobina¹¹³. Descobriu-se também que, o cobalto curou a anemia que dizimava os rebanhos de bovinos australianos (Aston 1937). Esses distúrbios parecem estar ligados a avitaminose de B12, devida ao déficit de cobalto. Em 1948, descobriu-se que o cobalto faz parte intrínseca da vitamina B12 (cobalamina), da qual ocupa o centro da molécula, a qual é essencial para a boa saúde de animais e humanos^{35,87,113,139,173}.

No homem, as primeiras experiências terapêuticas com os oligoelementos foram feitas em 1932, por Menetrier. A terapia por oligoelementos foi preconizada pelo médico Henri Picard, que prescrevia a pacientes reumáticos um número variado desses elementos: *“Parece ser conveniente prescrever os oligoelementos essenciais de maneira contínua, levando-se em conta as incompatibilidades que existem entre eles e sem favorecer de maneira marcante um único oligoelemento”*¹¹³.

Por suas características de toxicidade e bioacumulação, os metais pesados merecem atenção especial, uma vez que os danos acarretados ao ambiente e aos seres vivos são graves e muitas vezes irreversíveis. Sinergismo e antagonismo dos efeitos tóxicos são mecanismos que podem ocorrer entre os metais¹²³. Quando um elemento potencialmente tóxico é absorvido pelo organismo humano, em concentrações elevadas, pode causar danos à sua estrutura, penetrando nas células e alterando seu funcionamento normal, com inibição das atividades enzimáticas¹²⁷. Em alguns casos, os sintomas da intoxicação só serão observados em longo prazo, pois vários serão os fatores interferentes nos efeitos negativos causados por esses elementos⁴⁸.

A toxicidade de um metal, assim como a sua disponibilidade (capacidade de interação de um contaminante com um sistema biológico), está relacionada a vários fatores, tais como forma química em que o metal se encontra no ambiente, sua capacidade de biotransformação em subprodutos mais ou menos tóxicos, vias de introdução do metal no organismo humano, etc. As principais vias de introdução no organismo são: através do ar inalado, por via oral (água e alimentos) ou por via dérmica⁴⁸. A maioria dos metais pesados afeta múltiplos sistemas orgânicos, sendo os alvos da toxicidade, processos bioquímicos específicos (enzimas) e/ou membranas de células e organelas. Geralmente o efeito tóxico do metal envolve uma interação entre o íon metálico livre e o alvo toxicológico. Fatores exógenos como: interação e exposição concorrente com outros metais tóxicos, idade, hábitos alimentares, estilo de vida, consumo de álcool e fumo, entre outros, podem influenciar, direta ou indiretamente, a toxicidade dos metais para o indivíduo. Por outro lado, os metais essenciais ao organismo podem alterar metabolicamente a toxicidade, por interação ao nível celular⁵².

2.3. Principais metais presentes nas pilhas e baterias disponíveis no mercado

O número de elementos metálicos que oferecem risco potencial de contaminação é, relativamente, pequeno. Entre outros, estão os metais pesados presentes como componentes dos sistemas químicos das pilhas e baterias estudadas nesta pesquisa. Estes metais apresentam toxicidade variável entre si. Os efeitos dos metais pesados sobre a saúde e o ambiente têm sido amplamente estudados e seus resultados divulgados por inúmeras instituições de pesquisa e órgãos de controle, ao redor do mundo. Dados bastante abrangentes sobre a toxicologia dos metais pesados estão disponíveis, nos arquivos da “*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*” (ATSDR)⁴, no “*Center for Disease Control*” (CDC)¹¹, do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos e, no *site* <www.toxnet.nlm.nih.gov>, da “*U.S. Environmental Protection Agency*” (U.S.EPA)¹⁵⁴, entre outros. Esses arquivos devem ser consultados, caso haja necessidade de estudos mais aprofundados sobre o tema. A seguir, a toxicologia dos metais de interesse para esta pesquisa é revista resumidamente.

2.3.1. Cádmio

▪ *Ocorrência:*

O cádmio (Cd) é um metal relativamente raro, presente na crosta terrestre a uma média de apenas 0,00005% (0.5 ppm.). Não ocorre livremente. Na natureza, ocorre em associação com zinco, chumbo e minérios de cobre. Combinado, aparece principalmente: na forma de CdS (sulfeto de cádmio), utilizado como pigmento amarelo em pintura, CdO (óxido de cádmio) utilizado em baterias recarregáveis e CdCO₃ (carbonato de cádmio). Ocorre naturalmente em rochas fosfálticas. As fontes naturais representam de 10 a 15% do total do cádmio presente no ambiente, sendo a atividade vulcânica a principal fonte de emissão natural de cádmio. Os maiores produtores mundiais de cádmio são: África, México, Escócia e Estados Unidos. Não há registros de minérios de zinco ricos em cádmio no Brasil^{33, 77, 137, 189}.

- *Fontes antropogênicas e sistemas químicos de pilhas e baterias nos quais é utilizado:*

As principais fontes antropogênicas de cádmio são decorrentes da mineração de outros metais não ferrosos e do processamento industrial onde o cádmio se encontra presente. Produção de ferro, queima de combustíveis fósseis, fabricação de cimento e siderurgia, entre outros, são fontes emissoras de cádmio. O cádmio é, além disso, obtido na refinação de complexos de zinco e outros metais, pois não existe minério de cádmio específico, explorável comercialmente. Está associado, em pequenas quantidades, aos minérios de zinco e é encontrado no lodo, após a recuperação eletrolítica do zinco. As rochas fosfálticas contendo cádmio, são utilizadas na fabricação de fertilizantes, constituindo-se, dessa maneira, em importante fonte de contaminação ambiental^{54,55}.

Incineradores municipais de resíduos urbanos são outra fonte importante de emissão de cádmio, proveniente de gases da queima de pilhas, baterias e outros produtos que contenham o elemento em sua composição e, das cinzas e escórias resultantes da queima dos resíduos. O lodo de esgoto sanitário também recebe o cádmio de fontes industriais, que utilizam o elemento em seus processos. Os resíduos sólidos resultantes de uma extensa gama de atividades antrópicas, incluindo-se as pilhas e baterias, as quais têm como destino final os aterros sanitários, resultam em incremento da concentração de cádmio no local. Geralmente, a disposição desses resíduos se dá em aterros sem controle, aumentando os riscos^{55,189}.

O cádmio é usado como aditivo em eletrodos nas baterias primárias (23-30 ppm), como componente de ligação nas baterias de zinco (<0,3 ppm) e como eletrodo em vários sistemas de baterias secundárias. O principal sistema químico para gerar energia elétrica, no qual o cádmio é utilizado como matéria prima, é o de níquel-cádmio (Ni-Cd), para a fabricação de pilhas e baterias alcalinas recarregáveis, portáteis e, também, de baterias automotivas e industriais. Com uma vida útil superior às tradicionais, as baterias de Ni-Cd têm uma importante participação no mercado^{30,46,115,124,155,168}.

▪ *Efeitos ao ambiente:*

O cádmio é um metal de transição, estável à temperatura ambiente e a seco. Oxida-se lentamente ao ar em presença de umidade. Aquecido a temperaturas elevadas, arde emitindo vapores amarelo-avermelhados de óxido de cádmio (CdO). O cádmio forma compostos com propriedades semelhantes às dos compostos de zinco. É insolúvel em água e em solventes orgânicos usuais, mas é muito atacado por ácidos, mesmo pelos mais fracos, como os ácidos orgânicos das substâncias alimentares. O cádmio reage com ácidos não oxidantes, liberando gás hidrogênio (H₂), e os sais daí resultantes são tóxicos. Dissolve-se lentamente nos ácidos clorídrico e sulfúrico, com liberação de hidrogênio. Reage com ácido nítrico diluído, formando óxidos nitrosos e nítricos, gases irritantes e tóxicos. Numerosos metais, dentre os quais o cobre e o zinco, podem formar ligas com o cádmio fundido. Forma um grande número de sais, dos quais o mais comum é sulfato de cádmio (CdSO₄). Os principais compostos do cádmio, habitualmente utilizados na indústria, são nas formas de óxido, hidróxido, cloreto, brometo, iodeto, cianeto, sulfeto, sulfato, nitrato e carbonato. O cádmio, na sua forma bivalente (Cd²⁺), forma íons amino-complexos [Cd (NH₃)₆]²⁺ e íon ciano-complexos [Cd (CN)₄]²⁻. Em solução aquosa, na ausência de espécies complexantes, tem-se:

- solução ácida: Cd²⁺
- solução básica: Cd (OH)₂

O cádmio e seus compostos são extremamente tóxicos, mesmo em baixas concentrações, não possuindo nenhuma propriedade conhecida que o torne benéfico ou essencial aos processos vitais na natureza⁵⁵. Seus sais presentes no solo, ar e água podem contaminar as plantas por contato, sendo absorvidos pelas raízes e folhagem. É importante quantificar a transferência do metal do solo para o ar, conhecer os mecanismos de contaminação da cadeia alimentar, bem como determinar a taxa de toxicidade para o homem, animais e plantas. A capacidade de migração do cádmio pode ser definida como: *a sua capacidade de se mover de qualquer parte do solo para outro compartimento do ecossistema*^{115,155}.

Diversas plantas têm a capacidade de retirar o cádmio do solo e transferí-lo ao homem, através da cadeia alimentar. A introdução do cádmio no organismo a partir dos alimentos, está sujeita ao aumento do teor de cádmio no solo, que resulta num acréscimo de biodisponibilidade do metal para as plantas (capacidade do mesmo de se mover do solo para a raiz das plantas). A extração do cádmio de uma planta que cresce em solo contaminado é a melhor maneira de avaliar a biodisponibilidade do metal. Outros elementos podem afetar sua biodisponibilidade por antagonismo ou por efeitos aditivos. Os fatores mais importantes que influenciam a acumulação de cádmio pelas plantas são o pH (baixo) e a concentração do metal. O cádmio é muito mais facilmente absorvido pelas plantas que outros metais^{155, 190}.

O problema da ecotoxicidade do cádmio ainda é objeto de numerosas investigações para se estabelecer as especificações e os limites da toxicidade do metal. A contaminação das cadeias tróficas pelo cádmio é essencialmente antropogênica e advém da sua vasta utilização industrial. Nos EUA, 28% do cádmio utilizado corresponde à indústria dos plásticos. O restante é utilizado essencialmente na indústria eletro-eletrônica, incluindo as pilhas e baterias^{20, 155}.

Riscos: Reagentes incompatíveis: agentes oxidantes fortes, nitratos e ácido nítrico (HNO₃). O contato com agentes oxidantes pode provocar incêndio ou explosão. Dividido em fragmentos finos, o cádmio é um produto moderadamente inflamável e explosivo. Sob esta forma, pode reagir vivamente com certos produtos oxidantes. Os compostos do cádmio, principalmente o clorato e o bromato, podem dar lugar a explosões sob a ação do calor, por choque ou por contato com produtos redutores⁷⁷.

▪ *Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano:*

O cádmio e a solução de seus compostos são tóxicos e a falta de informação sobre essas características pode causar aos usuários uma exposição involuntária a vapores perigosos. Não há nenhuma indicação de que o cádmio seja um microelemento essencial ao processo biológico humano⁵⁵.

A toxicidade do cádmio deve-se à ação bioquímica de seu íon bivalente (Cd^{2+}), que pode ser incorporado ao organismo humano através de qualquer das vias de exposição (ingestão, inalação, contato dérmico). O cádmio exerce competição com o cálcio, zinco e outros metais essenciais, nas zonas de ligação destes à proteína (metalotionina) implicada no transporte e armazenamento do zinco, indispensável ao metabolismo dos ácidos nucleicos e à formação de enzimas importantes do metabolismo. Quando há carência de alguns metais essenciais no organismo, a absorção de metais tóxicos aumenta, criando situações de toxicidade^{20,189,190}.

A principal via de absorção do cádmio no organismo é a inalação, podendo produzir pneumonia química aguda e edema pulmonar. A forma de absorção e deposição nos pulmões varia muito com o composto de cádmio e com o tamanho das partículas. A inalação de grande quantidade de vapor de óxido de cádmio pode resultar em pneumonite com edema pulmonar, podendo ser letal. Estudos demonstram que o cádmio pode ser rapidamente absorvido pela corrente sanguínea. Concentra-se no plasma, alcançando os glóbulos vermelhos e, finalmente, o fígado e os rins que são os órgãos mais atingidos. Edemas pulmonares ou outras lesões permanentes aos pulmões podem ocorrer, através de exposição crônica^{30,52}.

A penetração percutânea tem um papel mais limitado.. Essencialmente, a intoxicação aguda é, caracterizada por perturbações respiratórias, como tosse e focos broncopneumônicos. Têm sido observadas perturbações renais, com albuminúria. Alterações no metabolismo, causadas pela contaminação com cádmio, podem causar dores nas articulações e osteoporose. Ao contrário de outros metais pesados, não existem regras para os processos biológicos do cádmio. Como o cádmio tem uma meia-vida biológica extremamente longa (10-30 anos no homem), a toxicidade pode ser cumulativa. O cádmio pode ser transferido ao feto, embora sejam baixas as concentrações do metal acumulado na placenta. A toxicidade a baixos níveis pode ser minimizada com uma dieta rica em zinco. A carência de zinco no organismo aumenta a toxicidade do cádmio^{52,77}.

A toxicidade aguda resultante da ingestão de cádmio, em concentrações relativamente altas, provoca náuseas, vômitos e dores abdominais. A contaminação dos alimentos se dá pela poluição do solo, que resulta sobretudo das impurezas de cádmio, contidas nos fertilizantes fosfatados. As plantas verdes absorvem-no e acumulam-no, principalmente o espinafre, tomate, alface, cenoura e ainda, a planta do tabaco, que o concentra em suas folhas. Esta é uma importante fonte de exposição para os fumantes, pois a absorção pulmonar pode ultrapassar os 90%. Em algumas espécies de cogumelos também se encontram teores elevados de metais, dentre os quais o cádmio. Os cereais, sobretudo o arroz, quando regados com água contaminada, têm originado intoxicações, em alguns países. Nas carnes de vaca, carneiro, porco e aves é, essencialmente no rim, onde o cádmio se acumula mais, embora também se possa encontrar na medula e no fígado. Casos de ingestão acidental de cádmio através de alimentos contaminados têm ocorrido^{52,77,155,189}.

A exposição ocupacional também apresenta risco considerável à inalação acidental de cádmio. A exposição crônica, a baixos teores, por longo tempo período de tempo pode causar graves efeitos, principalmente nos pulmões e rins como lesão obstrutiva crônica, enfisema pulmonar e doença tubular renal. Em alta exposição contínua, ocorre a obstrução das vias respiratórias, progredindo para insuficiência respiratória, podendo ser fatal. A intoxicação crônica é precedida de um período de impregnação, em que há o aparecimento de um anel amarelo de cádmio no esmalte dentário, pigmentação que começa na base do dente e pode chegar a cobrir metade do mesmo^{52,77, 189}.

A acumulação de cádmio no córtex renal leva à disfunção tubular renal, com diminuição da reabsorção de substâncias básicas como proteínas, glicose e aminoácidos, com excreção pela urina. Em alguns casos, a taxa de concentração glomerular diminui e, em casos mais graves, há uma combinação desses dois efeitos, com conseqüente aumento da creatinina no sangue. Na maioria dos casos, a proteinúria induzida pela contaminação de cádmio é irreversível¹⁸⁹.

A taxa de ingestão diária de cádmio absorvida através da cadeia alimentar, é de 10-30µg, em média. Normalmente a entrada de cádmio no organismo através da água potável é, normalmente, menor do que 1,0 µg (baseando-se em um consumo diário de 2 litros) e a absorção através da inalação é da ordem de 0,2 –2,0 µg, dependendo do nível de poluição do ar. De 5 a 10% do cádmio ingerido é absorvido pelo organismo, enquanto que por inalação, a partir de poeiras e fumos, a absorção é de 20 a 25%. Estudos demonstraram que a absorção pulmonar do cádmio, por humanos e animais, é mais alta do que a absorção gastrointestinal. As conseqüências da ingestão e absorção exagerada de cádmio traduzem-se, principalmente, por lesões renais graves à saúde humana^{155,189}.

Toxicidade: O cádmio é cancerígeno. A exposição prolongada aos vapores pode causar: irritação das membranas, mucosas, secura da boca e garganta, náuseas e desmaios. A poeira do metal causa irritação nos olhos e sua inalação pode ser fatal⁷⁷.

2.3.2. Chumbo

▪ *Ocorrência:*

O chumbo (Pb) é raramente encontrado no estado elementar. É elemento naturalmente presente na constituição dos organismos vivos e, em níveis baixos, no ambiente. Na crosta terrestre, participa com 0,002% em peso (14 ppm). Combinado, forma diversos minérios, dentre os quais, apenas alguns poucos prestam-se à extração do metal. A galena é o principal minério de chumbo (86% Pb), o qual é extraído pela queima do ar, transformando-se em óxido de chumbo (PbO) que, por sua vez, é reduzido pelo carbono em alta temperatura, formando chumbo metálico (Pb⁰) com liberação de monóxido de carbono (CO). A cerusita (PbCO₃) e a anglesita (PbSO₄), com 77% Pb e 68% Pb, respectivamente, são outros minérios importantes do chumbo. Muitos outros minérios contêm chumbo, mas em menores teores.

Os principais produtores mundiais de chumbo são a Austrália e os países da ex-URSS. São encontradas reservas de minérios de chumbo também: nos Estados Unidos, México, Canadá, Argentina, Peru, Bolívia, Marrocos, Zâmbia, África do Sul, Alemanha, Espanha, Suécia, Itália e Sérvia. No Brasil há inúmeras ocorrências de chumbo, porém poucas têm revelado potencial econômico efetivo^{33,78,104,138}.

▪ *Fontes antropogênicas e sistemas químicos de pilhas e baterias nos quais é utilizado:*

O chumbo parece ser o metal pesado, que contribui com a maior parcela para a contaminação do ambiente, decorrente da atividade humana. A principal fonte antropogênica do chumbo no meio ambiente é a industrial, mas são também de grande importância as emissões provenientes do combustível de veículos automotivos, do uso do arseniato de chumbo como pesticida agrícola e, principalmente, a deposição de sulfato de chumbo, proveniente da disposição inadequada das baterias chumbo-ácido¹⁵⁵.

O chumbo é o principal componente do sistema de baterias do tipo chumbo-ácido (acima de 60%). É também utilizado, em pequenas quantidades, para aumentar a resistência contra a corrosão dos ânodos de zinco nas baterias alcalinas de manganês (0,04-0,06%) e é também, um dos agentes de ligação usado para melhorar as qualidades estruturais das pilhas de zinco¹⁵⁵.

▪ *Efeitos ao ambiente:*

O chumbo é um metal pesado de cor cinza que, em contato com o ar, oxida-se a partir da temperatura ambiente, recobrendo-se com uma película descorada de óxido de chumbo. A oxidação é mais rápida por aquecimento e conforme a temperatura, dá origem a diversos óxidos. O chumbo é solúvel em ácido nítrico diluído (HNO_3) à temperatura ambiente, dando origem ao nitrato de chumbo e a vapores nitrosos. O chumbo é dificilmente atacado por ácido clorídrico (mesmo concentrado) e é insolúvel em água. O ácido sulfúrico diluído não provoca reação, mas concentrado e

à quente transforma-o em sulfato de chumbo, liberando anidrido sulfuroso. O chumbo fundido liga-se com numerosos metais. É resistente à corrosão e, praticamente, não permeável à radiação. Não é um bom condutor elétrico e absorve som e vibrações. O chumbo pode formar compostos com radicais orgânicos como o chumbo-tetraetila [Pb (C₂H₅)₄], o qual é comercialmente importante por ser usado como aditivo antidetonante na gasolina. Os sais mais comuns do cátion Pb²⁺ (halogenetos, sulfatos e carbonatos) são pouco solúveis em água. Em solução aquosa, na ausência de espécies complexantes, tem-se:

- Solução ácida: Pb²⁺
- Solução básica: Pb (OH)₂

De um modo geral, os compostos de chumbo são nocivos aos animais. O efeito da absorção do elemento nas plantas não parece grave. No entanto, estas acumulam chumbo que será absorvido pelos animais em caso de ingestão. Por esta razão, não se utilizam compostos de chumbo em pesticidas ou inseticidas. As plantas de folhas largas (alface, espinafre, entre outras), apresentam teores de chumbo mais elevados devido à poluição do ar, sobretudo nos grandes centros urbanos e junto das vias com tráfego intenso. Os tubérculos e raízes apresentam menor teor de chumbo, apesar da penetração de alguma quantidade nas camadas superficiais do subsolo.

As reservas residuais do uso de gasolina com chumbo, de tintas e de outras aplicações continuam a ser causa de contaminações. Além deste modo de poluição existem outros, relacionados com o uso de baterias e acumuladores, tintas, vernizes, cristais, utensílios de cozinha, embalagens de conserva, tubulações antigas de abastecimento de água feitas de chumbo ou, até mesmo, películas de revestimento mais ricas em chumbo do que seria de esperar. As madeiras velhas pintadas, quando queimadas para fazer grelhados, ou para aquecer fornos de pão, têm sido causa de intoxicações agudas. As garrafas de cristal, em cuja composição entra chumbo, deixam também passar resíduos para as bebidas. A contaminação dos alimentos também é provocada por resíduos da atividade industrial.

As cadeias tróficas aquáticas são atingidas por este poluente, seja por deposição atmosférica ou por descargas de chumbo na água, provenientes sobretudo das indústrias do ferro e do aço. Entre os organismos aquáticos, é nos peixes carnívoros onde se encontram os maiores teores de chumbo. Os gêneros alimentícios processados e enlatados são, de um modo geral, muito mais ricos em chumbo. Em meio ácido, pode haver migração do chumbo das latas para os alimentos^{25,29,170}.

Riscos: O chumbo é uma massa sólida, não apresentando riscos se armazenado e estocado adequadamente. Entretanto, a prevenção está baseada na inalação do pó ou de emissões de gases, possíveis durante a obtenção de chumbo metálico ou reações químicas. Por outro lado, certos compostos de chumbo como o clorato e o bicromato podem explodir sob a ação de calor, de choque, ou por contato com produtos redutores⁷⁸.

▪ *Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano:*

Essencialmente a toxicidade do chumbo atinge, o Sistema Nervoso como um todo. O chumbo e a maioria de seus compostos são muito tóxicos ao organismo humano e o metal acumula-se no Sistema Nervoso Central (SNC). Quantidades clinicamente infratóxicas podem conduzir à encefalopatia, com comprometimento no desenvolvimento intelectual. Ao nível do Sistema Nervoso Periférico verifica-se também uma neuropatia.

O chumbo, além de ser teratogênico (causa má formação do feto), provoca o saturnismo, uma intoxicação crônica cujas manifestações clínicas são de ordem digestiva, nervosa, renal e sangüínea. Esta síndrome é provocada por alterações das enzimas que participam na síntese da hemoglobina, resultando em anemia sideroblástica e em alterações da forma dos eritrócitos. O efeito tóxico do chumbo provoca, essencialmente, a diminuição da ação de algumas enzimas e a danificação da estrutura da hemoglobina, o que origina problemas no transporte de oxigênio.

A introdução do chumbo no organismo pode se dar por inalação, ingestão ou contato direto, acumulando-se no sangue, ossos e tecidos moles. Pode penetrar no organismo pelos seguintes modos: ingestão de poeiras grossas, imputável à sujidade dos dedos, a bebidas ou alimentos contaminados, absorção cutânea, que é mínima mas possível, em casos de lesões da pele, penetração por via respiratória de poeiras muito finas e, sobretudo, de vapores. A Organização Mundial de Saúde (OMS, 1986) recomenda para a proteção da saúde humana que a concentração média anual de chumbo no ar, nas áreas urbanas, não deve exceder os 0,5 a 1,0 mg/m³.

Sabe-se que o chumbo da água é mais absorvido no trato gastrointestinal. As crianças, nos primeiros anos de vida, absorvem mais este metal. Habitualmente, uma vez absorvido, o chumbo é, eliminado pelas vias naturais. Todavia, parte dele tende a se acumular nos rins, no fígado e em outros órgãos, no Sistema Nervoso e nos ossos, explicando-se assim os casos patológicos retardados, que se manifestam quando o chumbo penetra novamente no ciclo biológico. A absorção do chumbo depende dos níveis de magnésio, cálcio, ferro, e de vitamina D presentes na dieta. Quando estes valores são baixos, a absorção do chumbo aumenta. O aumento de acúmulo de chumbo nos tecidos ocorre, quando há carência de cálcio no organismo.

A exposição crônica ao chumbo pode conduzir a danos neurológicos como apatia, retardamento mental, diminuição da inteligência e/ou alterações no comportamento dos indivíduos. Além disso, é responsável por bebês com baixo peso ao nascer, anormal desenvolvimento no crescimento e cólicas. Mesmo em pequenas concentrações, o chumbo pode provocar anemia, pressão sanguínea alta e, também, contribuir para a osteoporose em mulheres no período pós-menopausa.

O chumbo e o seu sulfato são muito pouco absorvidos e considerados praticamente inócuos. No entanto, os seus sais solúveis (cloreto, nitrato, acetato e outros) são venenos muito ativos. A principal causa de intoxicação por chumbo é a exposição a vapores e poeiras dos seus compostos. Os sintomas de intoxicação são: desconforto intestinal, fortes dores abdominais, diarreia, perda de apetite, náuseas, vômitos, câimbras, paralisia e danos ao Sistema Nervoso Central, podendo ser fatal.

Cerca de 90% do chumbo retido no organismo reside nos ossos. O chumbo é eliminado pela transpiração, pelo cabelo e pela urina. Em pessoas submetidas a stress psicológico, ocasionando elevada taxa de cálcio no organismo, combinado com exposição crônica ao chumbo, pode ocorrer a mobilização do chumbo dos ossos aumentando os níveis de chumbo em circulação. O sangue, os rins e o Sistema Nervoso tendem a concentrar os níveis de chumbo solúvel. O envenenamento por chumbo é caracterizado por distúrbios neurológicos, disfunção nos rins e anemia. Esses sintomas tornam-se evidentes apenas em exposições prolongadas^{25,29,115,155,170}.

2.3.3. Cobalto

- *Ocorrência:*

O cobalto (Co) não é muito abundante na natureza, mas está bem distribuído, encontrando-se nas rochas, no mar, em águas minerais, no carvão, em meteoritos e atmosferas estelares. Raramente ocorre livre. Geralmente, encontra-se associado ao níquel e, às vezes, a minérios de cobre e ferro. Algumas fontes naturais importantes do cobalto no ambiente são o solo, a poeira e a água do mar. Na crosta terrestre, participa com 0,004% em peso. Em seus minérios mais importantes, o cobalto encontra-se combinado com arsênio, enxofre, cobre e outros metais. A asbolite (um óxido de magnésio) contém até 40% de Co. Também as piritas cobaltíferas (Co, Fe) S₂ contêm altos teores do metal. Estes minérios encontram-se no Zaire, no Zimbábue, na Alemanha, no Canadá, no Marrocos, na Austrália, no fundo do Oceano Pacífico Norte e também, em vários estados do Brasil^{35,87,139,173}.

- *Fontes antropogênicas e sistemas químicos de pilhas e baterias nos quais é utilizado:*

O cobalto é obtido, principalmente, como subproduto de minérios de cobre, níquel, prata e do tratamento de piritas cobaltíferas. Praticamente, todo o cobalto produzido no mundo é proveniente do tratamento de minérios complexos de outros

elementos, principalmente, os de cobre e níquel. Nos Estados Unidos, atualmente, o cobalto não é extraído. Lá, todo o cobalto utilizado na indústria é importado ou obtido pela reciclagem de sucata de metal que o contenha. Aparece em resíduos de indústrias metalúrgicas, tintas e vernizes, galvanoplastia e muitas outras. O cobalto é também, liberado ao ambiente através de queima de carvão, de óleos combustíveis e da exaustão dos gases de veículos automotivos^{35,87,139,173,175}.

O cobalto é utilizado nas baterias de metal hidreto, como $\text{LaNi}_{4.5}\text{Co}_2\text{Al}_{0.5}$ e $\text{LaNi}_{2.5}\text{Co}_2.4\text{Al}_{0.1}$, em ligas microgradientes, com estrutura heterogênea controlada. No sistema químico das baterias recarregáveis de lítio, o eletrodo positivo utiliza um coletor de Li-íon constituído de óxidos de lítio e cobalto metálicos (LiCoO_2)¹⁹.

▪ *Efeitos ao ambiente:*

O cobalto é um metal de cor cinza brilhante, dúctil, maleável, estável ao ar e à água em temperatura ambiente. Apresenta propriedades semelhantes às do níquel, com o qual se associa geralmente. Possui um único isótopo estável, o Co 59, mas quando bombardeado por neutrons lentos, emite raios gama, transformando-se em Co 60, usado como fonte radioativa para fins medicinais (bomba de cobalto), especialmente na terapia do câncer. Em seu estado de oxidação +2, o cobalto forma compostos essencialmente iônicos com os elementos mais eletronegativos. Em alguns compostos forma ligações de caráter covalente, principalmente quando os ligantes são neutros. Comporta-se como metal bivalente ou trivalente. Os mais importantes compostos de Co^{2+} são o cloreto, o sulfato, o nitrato e o cianeto. Dentre os mais importantes compostos de Co^{3+} estão o hidróxido, o fluoreto, o nitrato e vários tipos de sulfatos mistos de cobalto e outros elementos. Em meio aquoso, na ausência de espécies complexantes, têm-se as seguintes possibilidades:

- solução ácida: Co^{4+} , Co^{3+} , Co^{2+} , Co^0 .
- solução básica: CoO (OH)₂, Co (OH)₃, Co (OH)₂, Co^0 .

Quando o cobalto se incorpora no ambiente, proveniente de fontes naturais e antropogênicas, permanece no ar por alguns dias. O cobalto puro não é solúvel em água, mas alguns de seus compostos o são. O cobalto pode permanecer por anos na água e no solo, podendo se mover do solo para a água subterrânea. O cobalto presente no solo é absorvido pelas raízes das plantas^{35,38,87,108,139}.

As normas da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S.EPA) determinam que descargas ou derramamentos acidentais no ambiente, de 1.000 libras (453,6 kg) ou mais de cobalto, sejam relatados.

Riscos: é um metal estável e não há riscos se armazenado adequadamente⁸⁷.

▪ *Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano:*

Os efeitos da exposição a toda e qualquer substância dependem da dose, da duração, do modo de exposição, das características e hábitos pessoais, e da interação com outras substâncias químicas. O cobalto pode produzir efeitos benéficos ou prejudiciais à saúde humana. Todas as pessoas são, normalmente, expostas a níveis baixos de cobalto presente no ar, na água e nos alimentos. O cobalto encontra-se, fisiologicamente, na maioria dos tecidos e faz parte dos elementos indispensáveis ao desenvolvimento e crescimento humano e da maioria dos animais (como componente da vitamina B12). Além disso, o cobalto parece estimular a atividade da glândula tireóide e a hematopoese (formação de células do sangue). As concentrações mais elevadas de cobalto são encontradas no fígado e nos rins¹¹³.

Populações de humanos e animais vivendo próximas aos locais de despejos não controlados de resíduos contendo cobalto, podem ser expostas a níveis mais elevados e perigosos dessas substâncias, que acabam atingindo a cadeia alimentar. A exposição ocupacional em minerações, construtoras e indústrias que processam ou fazem produtos que contenham cobalto, também pode causar sérios danos à saúde¹⁷⁵. O cobalto não metabolizado é excretado, principalmente, através da urina e, em pouca quantidade, através das fezes. A eliminação por via urinária é caracterizada por uma fase rápida, com duração de alguns dias, seguida por uma segunda fase que

pode durar alguns anos. A meia vida do cobalto no organismo varia de 5 dias a 4 anos, dependendo do composto e da via de exposição.

Efeitos nos pulmões incluindo a asma, a pneumonia e o enfisema pulmonar, foram relatados em trabalhadores expostos a níveis elevados de cobalto no ar. As partículas de cobalto inaladas, dependendo do tamanho, podem se depositar no nível superior do sistema respiratório ou ser absorvidas. Embora para os seres humanos os dados disponíveis sejam limitados, estudos com animais sugerem que, aproximadamente, 30% de uma dose inalada do óxido de cobalto sejam absorvidos pelo pulmão. Estudos experimentais mostraram que o cobalto é absorvido nos sistemas respiratório e gastrointestinal. A taxa de absorção é, provavelmente, dependente da solubilidade dos compostos do cobalto nos meios biológicos, a qual pode ser influenciada pela presença concomitante de outras substâncias químicas. A influência do tipo do composto de cobalto (cloreto, óxido, metal etc.) na taxa de absorção ainda não está bem documentada cientificamente.

Outros sintomas foram observados em estudos com trabalhadores expostos ao cobalto sob a forma de pó metálico, sais ou outros compostos de cobalto. No sistema respiratório superior ocorre inflamação da nasofaringe (exposição à poeira de compostos de cobalto). A síndrome obstrutiva moderada bronquial de asma ocorre em trabalhadores expostos à poeira de cobalto puro, ou em associação, em trabalhadores com exposição prolongada à poeira de compostos de cobalto. Ao menos duas formas da doença intersticial relacionadas à exposição do metal devem ser diferenciadas: uma alveolite aguda ou subaguda, e uma forma mais latente, caracterizada pela fibrose intersticial progressiva.

A absorção gastrointestinal é influenciada também, pela dose ingerida e por fatores nutritivos. Relata-se uma variação de 5 a 45% em humanos. Alguns autores sugerem que a deficiência do ferro conduz a uma absorção aumentada do cobalto pelo trato gastrointestinal. Na década de 60, alguns fabricantes adicionaram cobalto à cerveja para estabilizar a espuma. Populações que consumiram grandes quantidades dessa bebida sentiram náuseas, vômitos e sérios efeitos no coração. Entretanto,

efeitos cardíacos não foram registrados em pessoas com anemia ou em mulheres grávidas tratadas com cobalto. Estudos experimentais relataram problemas no desenvolvimento do feto, em animais expostos a concentrações elevadas de cobalto durante a gravidez. Até o momento, nenhum estudo foi situado com referência aos efeitos reprodutivos em seres humanos após exposição ao cobalto.

No sistema cardiovascular, foram relatados alguns casos que implicam a exposição ao cobalto como uma causa da cardiomiopatia clínica. Em estudo recente, foi encontrado um elevado número de mortes por doença isquêmica do coração entre os trabalhadores expostos ao metal, por um mínimo de 10 anos. No sangue, o cobalto tem um efeito eritropoético e é usado no tratamento da anemia, pois faz com que os glóbulos vermelhos do sangue sejam produzidos. Inversamente, uma tendência para deslocamentos eritropoéticos reduzidos foi encontrada nos trabalhadores expostos ao pó do cobalto. A deficiência de cobalto causa anemia macrocítica ou perniciosa e o excesso, uma superprodução de eritrócitos, hiperplasia da medula óssea, reticulocitose e aumento do volume sangüíneo. Alguns estudos indicam a possibilidade de policitemia como um resultado da exposição ocupacional ao cobalto. O efeito goitrogênico do cobalto é bem documentado, particularmente nos pacientes tratados no passado com o CoCl_2 , para distúrbios hematológicos. Alguns dados sugerem que alterações na função da glândula tireóide são possíveis nos trabalhadores expostos ao cobalto, por longos períodos de tempo.

A absorção por contato dérmico é baixa e a contribuição desta via é insignificante, em comparação com as outras vias de absorção. A dermatite alérgica – eczema e/ou urticária – pode ocorrer, por exemplo, em operários da indústria metalúrgica, operários de construção que manipulam cimento, operadores de impressoras *offset*, entre outros. Uma perda auditiva progressiva e uma atrofia do nervo ótico foram atribuídas também, à exposição ocupacional intensa ao pó de cobalto, em um período de 20 meses. Uma melhoria parcial ocorreu após remoção da exposição.

A *Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer (IARC)*¹⁹³ determinou que o cobalto é um possível carcinogênico humano. Estudos demonstraram que o cobalto causa câncer quando injetado diretamente no músculo ou sob a pele dos animais. Não foram relatados porém, casos de câncer em animais expostos ao cobalto por inalação, ou por ingestão de alimento ou de água. Os estudos sobre a relação entre exposição ao cobalto e a ocorrência de câncer em humanos são inconclusivos, mas foi relatada a possibilidade de associação entre a exposição ocupacional e o câncer de pulmão, especialmente na indústria metalúrgica^{3,11,38,175}.

Toxicidade: existem suspeitas de que o cobalto seja cancerígeno. A inalação da poeira de cobalto pode causar problemas pulmonares e o contato dérmico causa irritação. A ingestão de seus sais provoca vômitos e náuseas⁸⁷.

2.3.4. Índio

▪ *Ocorrência:*

O índio (In) é encontrado, em quantidades traço, em minérios de ferro, chumbo e cobre. Ocorre em concentrações muito baixas, em muitos minérios e minerais. Foi encontrado na blenda do zinco e produzido comercialmente, pela primeira vez, como um subproduto da fusão do zinco. O índio normalmente não é produzido em laboratório, pois está disponível comercialmente. O elemento é um subproduto da obtenção do chumbo e do zinco. O índio metálico é isolado pela eletrólise de sais de índio em água. Para a obtenção de índio de alta pureza para fins eletrônicos, processos adicionais são requeridos. O Canadá é o maior produtor mundial de índio puro. Não se tem registro de fontes comerciais de índio no Brasil^{43,79}.

- *Fontes antropogênicas e sistemas químicos de pilhas e baterias nos quais é utilizado:*

O índio é um metal raro, sendo as principais fontes antropogênicas do índio encontrado no ar provenientes de atividades industriais e equipamentos radiológicos, empregados na medicina para observação de órgãos e tratamento de tumores. Outras fontes de índio são os efluentes líquidos, provenientes dos processos de metalurgia na obtenção de ligas de baixo ponto de fusão e soldas especiais, fundições, galvanoplastia, indústria eletro-eletrônica e também da fabricação de espelhos mais resistentes à corrosão atmosférica do que os feitos de prata. A produção mundial atualmente é de 112,40 toneladas anuais^{115,178}.

O índio tem sido pesquisado como aditivo ao amálgama de mercúrio, de maneira a evitar os efeitos nocivos desse metal ao organismo, minimizando a liberação de vapores de mercúrio. Estudos demonstraram que os amálgamas, quando triturados com Hg-In, apresentam significativa diminuição da quantidade de vapor de mercúrio se comparado ao amálgama triturado com mercúrio puro. A camada superficial do amálgama que contém índio é rapidamente oxidada e a rápida formação de óxidos contribui para a redução da liberação de vapores de mercúrio no amálgama com índio, formando uma barreira efetiva à evaporação⁹⁹.

Na indústria eletro-eletrônica, os compostos de índio têm sido muito utilizados para a fabricação de transistores e muitos outros componentes. Na fabricação de pilhas e baterias, o índio tem substituído o mercúrio nas pilhas comuns, como material alternativo ao mercúrio na função de inibidor, para prevenir os mecanismos da corrosão capazes de afetar a reação química pela geração de gases, melhorando sua eficiência operacional, razão pela qual esse metal foi incluído nesta pesquisa. O fosfeto de índio (InP), por exemplo, é usado na fabricação de produtos de alta tecnologia na indústria eletrônica, entre os quais, baterias solares, semicondutores e fotodiodos^{79,115,155,179}.

▪ *Efeitos ao ambiente:*

O índio é um metal semiprecioso quase tão raro quanto a prata. É macio, não ferroso, brilhante e de coloração branco-prateada. Muito maleável e dúctil, pode passar por deformações quase ilimitadas. O índio natural é uma mistura de dois isótopos, o In 113 e o In 115, sendo este último o mais abundante (95,72%). O índio metálico não é afetado pelo ar à temperatura ambiente mas, sob aquecimento, queima com uma chama azul-violeta, formando um óxido amarelo (In_2O_3). O metal é solúvel em ácidos minerais, mas não é afetado por hidróxido de potássio ou por água fervente. Quando aquecido, em presença de halogênios ou de enxofre, ocorrem combinações diretas. O índio forma compostos, normalmente, em sua forma trivalente^{43,79,103,178}.

Peixes e mariscos recolhidos de locais próximos a fundições apresentaram concentrações de índio superiores a 10-15mg/kg. São níveis excepcionais, uma vez que a água do mar possui média inferior a 20 mg/L, o que sugere que o índio seja um elemento bioacumulativo. O índio é um elemento raro também no solo, com estimativas de aproximadamente 11 mg/Kg¹⁵⁵.

Riscos: Quando aquecido acima de seu ponto de fusão, o índio inflama-se e sofre autocombustão e pode provocar incêndios^{43,79,103}.

▪ *Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano:*

O índio não tem função biológica conhecida e não existem referências quanto à toxicidade ao organismo humano, decorrente da exposição ao metal. Experimentos com animais evidenciam a relação da toxicidade do índio com a fórmula química de seu composto¹⁵⁵. O fosfeto de índio (InP) foi designado para estudo, devido à sua ampla utilização na indústria microeletrônica e à falta de dados sobre sua toxicidade crônica.

Um estudo feito com grupos de camundongos e ratos¹⁶⁹, os quais foram expostos por 14 semanas à inalação de InP (com mais de 99% de pureza), demonstrou que em todos os animais, houve uma modificação de coloração e aumento de tamanho dos pulmões. As partículas de InP foram absorvidas no trato respiratório e em nódulos linfáticos associados ao pulmão. Um espectro de graves lesões inflamatórias e proliferativas, desde inflamações crônicas e fibrose intersticial até câncer dos pulmões, ocorreu no sistema respiratório de todos os grupos expostos. A exposição ao InP induziu a uma hiperplasia da medula, lesões no baço e necrose hepatocelular. Em todos os grupos expostos, os efeitos foram similares, mas os camundongos foram mais severamente afetados que os ratos e grande parte morreu, ou foi retirada moribunda dos estudos¹⁶⁹.

Com o aumento do tempo de exposição para dois anos, a aerossóis particulados de InP, a diferentes intervalos de tempo e concentrações, observou-se em grande parte dos ratos sobreviventes, nos últimos seis meses, letargia e respiração anormal. Houve aumento de incidência de: adenomas e carcinomas bronquial/alveolar, tumores benignos e malignos da glândula adrenal, leucemia celular mononuclear, e ocorrência de fibromas da pele em machos e carcinoma mamária em fêmeas. Além disso, nos camundongos ocorreram também: redução do índice de sobrevivência e de peso corporal, aumento na incidência de neoplasmas hepatocelulares, inflamações nas artérias do coração e aumento na incidência de neoplasia no intestino delgado dos machos. Nas análises dos tecidos de todos os grupos expostos a longos períodos de tempo ao InP por inalação, embora houvesse diferenças quantitativas de carga e parâmetros cinéticos nos pulmões, os resultados foram qualitativamente similares. As cargas retidas nos pulmões foram proporcionais às concentrações e à duração da exposição. Não foram observadas diferenças nas taxas de eliminação do índio dos pulmões como uma função da concentração. Estes estudos indicaram uma eliminação de índio muito lenta¹⁶⁹.

O estudo acima relatado chega à conclusão de que há clara evidência da atividade carcinogênica do InP em ratos e camundongos expostos à substância, por inalação e por longos períodos de exposição¹⁶⁹.

A injeção intraperitoneal do cloreto de índio em ratos provoca intoxicação renal e necrose do fígado, bem como a indução de enzimas metabólicas e a inibição das enzimas de hemossintetização¹⁵⁵. Estudos relatam que o óxido de índio prejudica as células fagocíticas do fígado e o sistema reticuloendotelial dos ratos⁴⁹.

Como o índio mostra uma biodisponibilidade muito baixa e, como a exposição é muito restrita, este elemento ainda não é considerado um problema toxicológico para o homem ou para o meio ambiente¹⁵⁵. Convém ressaltar porém, que o índio está entre os metais que poderão ter sua importância aumentada, quanto aos aspectos toxicológicos, devido às novas tecnologias que surgem a cada dia no campo das pilhas e baterias,

Toxicidade: O índio apresenta baixa toxicidade. Pode ser agressivo aos olhos ou irritante, mas a toxicidade ainda não foi totalmente investigada. Possível carcinogênico humano⁷⁹.

2.3.5. Lítio

▪ *Ocorrência:*

O lítio (Li) não ocorre livre na natureza. No estado combinado ocorre principalmente na forma de silicatos e fosfatos, entre os quais o espodumênio ($\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$), o minério de lítio mais importante comercialmente. Ocorre também na água do mar. Na crosta terrestre participa com 0,006% em peso. Há ocorrências de lítio no Brasil^{81,141}.

▪ *Fontes antropogênicas e sistemas químicos de pilhas e baterias nos quais é utilizado:*

O lítio não é normalmente produzido em laboratório, pois está disponível comercialmente. Todas as sínteses para sua obtenção requerem uma etapa eletrolítica, sendo muito difícil adicionar um elétron ao íon Li^+ , devido à sua pobre eletronegatividade. As principais fontes antropogênicas do lítio no ambiente são as

atividades industriais e de saúde como: transferência de calor, aplicações nucleares, aparelhos respiratórios em recintos fechados (absorve CO₂ e libera O₂), fabricação de lubrificantes resistentes a temperaturas, combustíveis espaciais, vidros e cerâmicas especiais, indústria metalúrgica (para ligas metálicas leves e de alta dureza), indústria farmacêutica (doenças reumáticas e neurológicas), agente dessecante (o LiCl é altamente higroscópico) e pilhas e baterias para aparelhos eletrônicos.

O lítio metálico é utilizado como matéria prima na fabricação do ânodo de pilhas de lítio. O composto de lítio (Li₂CoF₆), na fabricação do cátodo do sistema químico das baterias de Li-íon. As pilhas e baterias de lítio, entre outras aplicações, são utilizadas como fonte de energia em equipamentos fotográficos, telefonia celular, computadores portáteis, marca-passos cardíacos e instrumentação marítima. Seu desenvolvimento nas pesquisas ainda continua em plena evolução^{2,19,40,91}.

▪ *Efeitos ao ambiente:*

O lítio é um metal alcalino, similar ao magnésio e ao sódio em suas propriedades. Tem um baixo peso molecular, não pertencendo ao grupo de metais pesados. Naturalmente, encontra-se em estado sólido e sua densidade é cerca de metade da densidade da água. É o elemento menos reativo do grupo dos metais alcalinos, devido em parte ao pequeno tamanho do cátion Li⁺. Os compostos do lítio são encontrados em águas naturais e em certos alimentos. São absorvidos pelas plantas, como os outros metais alcalinos e, apesar de não serem bioacumuláveis no organismo humano, podem causar intoxicação via cadeia alimentar.

O lítio não foi incluído, em 1977, nos dados de testes básicos de vigilância da *Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos* (U.S.EPA). Em 1997, a U.S.EPA conduziu uma revisão detalhada de dados publicamente disponíveis, testando substâncias para examinar a necessidade de identificação de riscos e perigos de produtos químicos com elevado volume de produção, incluindo o lítio. Foram pesquisadas as principais bases de dados químicos para se determinar os seguintes aspectos: toxicidade aguda, toxicidade crônica, neurotoxicidade, carcinogenicidade,

mutagenicidade, teratogenicidade e desenvolvimento do organismo, ecotoxicidade e fatos ambientais¹⁶⁷.

As baterias de lítio, quando em mau funcionamento, liberam gases tóxicos tais como o dióxido de enxofre (SO₂) e o cloreto de tionila. Entretanto não ocorre a toxicidade do lítio por baterias, quando em funcionamento normal¹⁷.

Riscos: Reage violentamente com a água liberando gás hidrogênio altamente inflamável e causa queimaduras em contato com a pele e com os olhos. O lítio deve ser manuseado em condições especiais, por ser um metal muito corrosivo. O armazenamento do lítio metálico deve ser feito em frasco de vidro, contendo líquido inerte (nafta, querosene etc.), em ausência de água e de oxigênio^{81,141,179}.

▪ *Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano:*

Embora o lítio não seja um metal pesado, pode ser altamente tóxico, ou mesmo letal em doses excessivas. Em doses terapêuticas é utilizado no tratamento de alguns distúrbios psiquiátricos, em especial a psicose maníaco-depressiva (PMD). Tem indicação também no tratamento de disfunções hormonais e renais, além de ser um coadjuvante imunológico. Os efeitos colaterais causados por medicamentos à base de lítio têm levado à contra-indicação de seu uso em tratamento de enfermidades não psiquiátricas.

O lítio tem uma estreita indicação terapêutica, a qual é associada a numerosos efeitos adversos e a um alto potencial de toxicidade. O Sistema Renal e o Sistema Nervoso Central (SNC) são os mais afetados pela intoxicação por lítio. A intoxicação por lítio é grave e pode causar disfunções renais e neurológicas permanentes, ou até mesmo levar à morte. Os efeitos neurológicos em humanos aparecem em uma escala que vai desde mudanças na capacidade de memória, atividades motoras e Síndrome de Parkinson, evoluindo para distúrbios como fraqueza muscular, incontinência e entre outros, chegando a encefalopatias (incluindo incoerência, desorientação,

paralisia, estupor, coma e morte). Danos permanentes ao cérebro e ao sistema renal podem ocorrer em intoxicações agudas.

Entre mulheres grávidas recebendo lítio, os riscos de malformações congênitas são maiores nos primeiros meses de gestação. Há também evidências de que o lítio pode causar um aumento de incidência de partos prematuros. O lítio tem sido apontado como causador de problemas reprodutivos e de desenvolvimento em roedores, cujas mães foram expostas a lítio, em doses tóxicas, durante a gestação (teratogênico).

Poucas evidências sugerem que os compostos orgânicos ou inorgânicos de lítio sejam carcinogênicos em humanos. Não foram realizados estudos sobre efeitos carcinogênicos em animais expostos ao lítio por longos períodos. O lítio e seus compostos não foram classificados pela U.S.EPA, até o relatório anual de 1997, como sendo carcinogênico a humanos e animais.

A excreção do lítio depende da taxa de filtração glomerular, assim como da homeostase do sódio e da água. Os íons de sódio e de lítio são processados nos rins de maneira similar. Deficiência em sódio, desidratação e problemas cardíacos podem levar à retenção de lítio e possível intoxicação. O lítio pode contribuir com a perda de água e sais minerais, além de causar diarreia e disfunções renais, resultando em poliúria. O lítio é completamente absorvido dentro de 6 a 8 horas após a ingestão e excretado através do Sistema Renal. Doenças renais de qualquer natureza podem afetar a eliminação do lítio, tornando maior o risco de intoxicação. Certas substâncias podem interagir com o lítio, reduzindo a eliminação por via renal e causando um aumento do risco de efeitos adversos e de intoxicação.

O lítio é absorvido pelo cérebro lentamente, o que explica a demora dos efeitos após intoxicação aguda. Sua meia vida no organismo é de 15 a 30 horas. Em pessoas incapazes de ingerir água suficiente, pode ocorrer desidratação, levando ao aumento de retenção renal de sódio e lítio. Em intoxicações leves a moderadas por ingestão, podem ocorrer letargia, tremores, ataxia, distúrbios da fala, fraqueza

muscular, espasmos e rigidez muscular. Em intoxicações graves, podem ocorrer agitação, convulsões, coma, hipertermia e elevação da taxa de glóbulos brancos. Na ingestão sistêmica aguda, os sinais iniciais de intoxicação são geralmente náuseas e vômitos. Os efeitos sistêmicos demoram algumas horas a aparecer, em função da lenta distribuição do lítio nos tecidos. Na intoxicação crônica, podem ocorrer sintomas como desidratação, hipernatremia ou insuficiência renal.

Por inalação, intoxicações agudas podem ocorrer em humanos e animais. Os órgãos primariamente afetados são os do Sistema Respiratório. Na literatura consultada não foram encontradas informações sobre intoxicações crônicas ou subcrônicas por compostos de lítio. Nem efeitos carcinogênicos ou teratogênicos de desenvolvimento de toxicidade reprodutiva em animais e humanos, por inalação de compostos de lítio.

O contato dérmico com certos compostos de lítio pode causar intoxicação aguda. O hidreto de lítio (LiH) pode causar severas queimaduras químicas em humanos. Em atmosferas contendo 0.5 mg/m^3 de LiH, ocorrem inflamações da pele e olhos lacrimejantes. Baixas concentrações são irritantes aos olhos e altas concentrações podem causar danos permanentes à visão. O contato dérmico com poeiras geradas por ligas de lítio-alumínio também provoca ação irritante intensa. A exposição prolongada pode resultar em destruição hidrolítica da epiderme, em razão da formação de hidróxido de lítio fortemente alcalino na presença de água.

Não há antídoto específico contra a intoxicação de lítio. Uma avaliação de fatores de risco e um monitoramento apropriado podem auxiliar a superar uma intoxicação pelo metal. Não foi determinada uma dose de referência para nenhum composto de lítio. Não foram encontradas informações na literatura consultada, sobre toxicidade crônica ou subcrônica por compostos de lítio, nem sobre efeitos no desenvolvimento reprodutivo em humanos por outras vias de exposição. Estudos mostram efeitos teratogênicos e anormalidades de desenvolvimento, abortos, disfunções hormonais, problemas de fertilidade e outros, por injeção intraperitoneal ou subcutânea, durante a gestação em ratos e camundongos^{17,70,112,117,149,167}.

Toxicidade: O lítio reage com o oxigênio do ar, formando óxido de lítio (Li_2O) altamente corrosivo. O contato do lítio metálico com a pele, olhos ou mucosas causa queimaduras, devido à reação do metal com a água (umidade), resultando em hidróxido de lítio (LiOH) e liberando gás hidrogênio (H_2)⁸¹.

2.3.6. Manganês

▪ *Ocorrência:*

O manganês (Mn) é um elemento abundante, naturalmente encontrado em muitos tipos de rochas e minerais. Puro, é um metal de coloração prateada similar ao ferro em suas propriedades físicas e químicas. Não ocorre livre na natureza. É componente de mais de 100 minerais, incluindo sulfetos, óxidos, carbonatos, silicatos, fosfatos e boratos. Combina também com outros elementos, como o oxigênio, o enxofre e o cloro, em compostos não voláteis. Apresenta-se, principalmente nas valências II, IV e VII. Seus principais compostos são o dióxido de manganês (MnO_2), o mais importante minério de Mn, o cloreto (MnCl_2), o sulfato (MnSO_4), o tetraóxido (Mn_3O_4) e o permanganato de potássio (KMnO_4). Ocorre também em minérios contendo até 24% de Mn, no fundo dos oceanos. Na crosta terrestre, participa com 0,09% em peso. É o elemento responsável pela cor da ametista. O manganês é considerado um elemento estratégico na economia mundial, tendo amplo uso comercial e distribuição geográfica desigual. É também um importante elemento para a vida animal e vegetal. Os países detentores das maiores reservas mundiais de minérios de manganês são Austrália, Brasil, Gabão, Gana, Índia, os países da antiga União Soviética, Marrocos, África do Sul e, em menor extensão, os EUA^{5,82,142,180}.

- *Fontes antropogênicas e sistemas químicos de pilhas e baterias nos quais é utilizado:*

As principais fontes antropogênicas do manganês são as emissões de atividades industriais. É largamente utilizado na indústria metalúrgica para obtenção de muitas ligas importantes. Na siderurgia é utilizado para obtenção de aços especiais, melhorando sua dureza, resistência ao desgaste, a altas temperaturas e outras propriedades físicas. Com alumínio e antimônio, forma ligas altamente ferromagnéticas. O manganês metálico é ferromagnético após tratamento especial. O manganês é também utilizado na preparação do oxigênio e do cloro, nas indústrias de tintas, de vidros, farmacêuticas, químicas, entre outras. O permanganato (MnO_4^-) é um poderoso agente oxidante, muito utilizado na análise qualitativa e na medicina.

O dióxido de manganês é utilizado como um despolarizador em pilhas secas e como matéria prima para fabricação de eletrodos (cátodos) das pilhas de zinco-carbono, zinco-cloreto, alcalinas de manganês e de lítio^{5,82,142,180}.

- *Efeitos ao ambiente:*

O manganês pode se transformar, por processos naturais ou antropogênicos, mas não se degrada no ambiente. Alguns de seus compostos são solúveis em água e, em baixos teores, estão normalmente presentes em águas naturais. O manganês se decompõe na água e se dissolve em ácidos inorgânicos diluídos. Seus óxidos (MnO_2 e Mn_3O_4) são insolúveis em água e solúveis em ácido clorídrico. Quando expostos ao fogo, o pó ou a poeira contendo manganês oferecem potencial perigo de incêndio. O manganês reage com água ou vapor produzindo hidrogênio. É incompatível com oxidantes. Escurece em presença de ar úmido e, quando aquecido, se oxida formando Mn_3O_4 . Retira lentamente o oxigênio da água. Reage prontamente com halogênios e com os ácidos clorídrico e sulfúrico. Em compostos, assume diferentes estados de oxidação: +2, +3, +4, +6 e +7. Estes íons são estáveis em meio alcalino. Há evidências da existência de compostos instáveis de Mn^{5+} e de Mn^{+1} formando complexos com cianetos (CN^-)^{5,44}.

O manganês pode ser incorporado ao ambiente de várias maneiras. No ar, através de emissões das atividades de mineração, industriais, de usinas de energia elétrica e de fornos de incineração de resíduos contendo manganês. Na água e no solo, através de depósitos naturais e da disposição inadequada de resíduos contendo manganês, contaminando a cadeia alimentar. Ou através da deposição de partículas de manganês de atmosferas poluídas. As plantas podem absorver o manganês e concentrá-lo através da água¹⁶⁷.

Riscos: No manuseio e armazenamento devem ser evitadas as condições de calor, chama e fontes de centelha. Apresenta incompatibilidade com água, ácidos fortes, fósforo e agentes oxidantes fortes⁸².

▪ *Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo humano:*

O manganês é um elemento-traço essencial para humanos, mas sob condições de exposição prolongada, a elevadas concentrações, pode provocar uma variedade de graves respostas, tanto por via oral, quanto por inalação. O Sistema Nervoso Central (SNC) é o alvo principal. Os sintomas iniciais são cefaléia, insônia, desorientação, ansiedade, letargia e perda de memória. Esses sintomas podem evoluir com a exposição continuada e, eventualmente, incluem distúrbios motores, tremores, dificuldade de locomoção e Síndrome de Parkinson. As dificuldades motoras são geralmente irreversíveis e os danos ao cérebro, permanentes.

Por exposição via inalação, também foi observado em humanos e animais o aumento da incidência de tosses, febres, dispnéias, bronquites e de parâmetros alterados de ventilação dos pulmões. Para alguns desses sintomas respiratórios pode ser agregado um possível efeito no sistema imunológico. Efeitos reprodutivos (diminuição de fertilidade, impotência) também têm sido observados em humanos (por exposição via inalação) e em animais (por exposição via oral), em doses similares às que iniciam os efeitos no SNC. Não há informações de efeitos sobre a saúde em humanos ou animais, por contato dérmico com manganês⁵.

Existem alguns dados conflitantes sobre possíveis efeitos carcinogênicos em camundongos, resultantes de experiências com injeções de cloreto ou de sulfato de manganês. A classificação quanto à carcinogênese do manganês em humanos é “D” – não considerado como carcinogênico humano, baseado na não evidência em humanos e em inadequada evidência em animais (U.S.EPA, 1995)¹⁶⁵.

A U.S.EPA realizou estudos para determinar a biodisponibilidade do manganês em relação à água e concluiu que, em seres humanos, sob uma ampla variedade de condições de exposição, a biodisponibilidade do manganês ingerido na água era essencialmente igual à do manganês ingerido nos alimentos. Foram calculadas doses de referência em separado para ingestão de água e de alimentos, em razão da biodisponibilidade do manganês ser maior através da água. Com base nos estudos epidemiológicos em humanos, foram estimadas as seguintes doses mínimas para efeitos adversos observados no SNC: 0.8 mg/kg/dia para ingestão na água potável, e 0.34 mg/m³ no ar, para inalação (USEPA, 1995)¹⁶⁵.

A absorção do manganês pelo trato intestinal é de 3 a 10% da quantidade ingerida. No trato respiratório, a absorção por inalação depende do tamanho das partículas. O manganês inalado é absorvido e transportado para outros órgãos (fígado, pâncreas e glândulas pituitárias), onde é rapidamente concentrado. O manganês não é metabolizado pelo organismo, sendo absorvido e excretado sob a mesma forma. Entretanto esse metal é um elemento-traço essencial e age como um ativador ou co-fator de diversas enzimas envolvidas com a energia do metabolismo, digestão e metabolismo de lipídeos e proteínas.

Dados de toxicidade aguda em humanos por ingestão de manganês não foram encontrados na literatura consultada, mas valores de doses letais (LD₅₀) para vários compostos de manganês, em estudos com animais, foram calculados. Uma série de estudos epidemiológicos, para toxicidade subcrônica em humanos, foi realizada em populações expostas a elevadas concentrações de manganês. Os efeitos podem aparecer em alguns meses e perdurar por anos.

Estudos sobre toxicidade crônica em humanos revelaram que, além dos efeitos no SNC, é comum ocorrer uma anemia por deficiência de ferro, em intoxicação por manganês por via oral. Informações sobre toxicidade reprodutiva, teratogenicidade ou efeitos no desenvolvimento de humanos por ingestão, não foram encontradas na literatura consultada, mas diversos estudos realizados com animais mostram efeitos adversos em exposições prolongadas e altas concentrações.

A inalação de fumos de manganês pode provocar febres, suor frio, náuseas e tosse. Esses sintomas, similares ao da gripe, começam a aparecer após 4 a 12 horas a partir da exposição e começam a diminuir 24 horas após a exposição. Essa “febre metálica” pode causar danos permanentes se a exposição for continuamente repetida. A diferença primária entre os sintomas de intoxicações crônicas e subcrônicas do SNC é a reversibilidade dos sintomas recentes de intoxicações subcrônicas. Os efeitos no sistema respiratório, irritação nasal, febres, bronquites e pneumonia, são aumentados nas populações expostas. Um fator contribuinte pode ser a diminuição da resistência a agentes infecciosos, possivelmente por uma fraca resposta imunológica (U.S.EPA 1995)¹⁶⁵.

Toxicidade: Durante o manuseio, deve-se evitar contato com os olhos, a pele e as roupas. A inalação do pó de manganês pode causar rigidez, dor no tórax, tosse e dificuldade de respiração⁸².

2.3.7. Mercúrio

- **Ocorrência:**

O mercúrio (Hg) raramente ocorre livre na natureza. Seu principal minério é o cinábrio (HgS). Outros minérios importantes de mercúrio são a calomelita (HgCl₂) e a hermesita (Cu₂Hg₃Sb₂S₃). Os maiores depósitos de minério de mercúrio estão na Espanha e na Itália, responsáveis por 50% da produção mundial do metal. Há também depósitos importantes nos Estados Unidos, Rússia, China, México e Canadá. Há poucas ocorrências de cinábrio e de outros minérios de mercúrio no Brasil^{83,181}.

- *Fontes antropogênicas e sistemas químicos de pilhas e baterias nos quais é utilizado:*

A principal fonte antropogênica de poluição ambiental por mercúrio é a deposição de resíduos industriais, entre os quais o metilmercúrio, um poluente letal, sedimentando-se no fundo de rios e lagos. Seus compostos orgânicos são importantes e perigosos. O mercúrio inorgânico (mercúrio metálico e compostos inorgânicos) entra na atmosfera proveniente das atividades de mineração, queima de carvão, incineração de resíduos e de atividades industriais. A poluição da água e do solo por mercúrio é proveniente de depósitos naturais, atividades vulcânicas, emissões industriais e disposição não controlada, ou inadequada, de resíduos.

Os sais mais importantes de mercúrio são o cloreto mercúrico (HgCl_2) – sublimado corrosivo, o qual é um veneno violento, cloreto mercurioso (Hg_2Cl_2) – calomelano, ainda utilizado ocasionalmente na medicina, fulminato de mercúrio [$\text{Hg}(\text{CNO})_2$] – detonador utilizado em explosivos – e sulfeto de mercúrio (HgS) – *vermillion*, pigmento largamente empregado em tintas. O mercúrio é utilizado na fabricação de inúmeros instrumentos de laboratório, como termômetros, barômetros, bombas difusoras, entre outros. É também largamente utilizado na fabricação de: interruptores, lâmpadas de mercúrio (Hg gasoso) e de outros equipamentos elétricos, além de servir como eletrodo em alguns tipos de eletrólise. É elemento importante em alguns tipos de indústria, como por exemplo na produção de soda cáustica e de cloro, na indústria farmacêutica, na fabricação de alguns pesticidas, em tintas antiferrugem, na indústria de papel e celulose, entre muitas outras aplicações. A maioria dos metais, exceto o ferro e a platina, dissolve-se no mercúrio formando ligas conhecidas como amálgamas. O mercúrio é muito utilizado como base de amálgamas e outras preparações odontológicas, que preparam outra importante fonte poluidora.

O mercúrio é matéria prima essencial para a fabricação do cátodo das pilhas de óxido de mercúrio (tipos botão e cilíndrica) e muito utilizado como aditivo (0,005 – 1%), na maioria dos sistemas químicos das baterias primárias^{46,83,181}.

▪ *Efeitos ao ambiente:*

O mercúrio é um metal pesado, branco prateado e é o único metal comum em estado líquido, à temperatura ambiente. Não é um bom condutor de calor, se comparado a outros metais, mas é um razoável condutor de eletricidade. É encontrado na forma metálica, inorgânica e orgânica. Apresenta em seus compostos os números de oxidação +1 ou +2. Compostos com o número de oxidação +1 são raros. Das formas inorgânicas, o Hg^{2+} é a mais reativa, formando complexos com inorgânicos, como por exemplo o HgCl_2 , altamente solúvel em água.

O mercúrio é extremamente tóxico e cumulativo. Sendo um elemento muito volátil, níveis perigosos de concentração do metal são atingidos prontamente no ar. Na atmosfera, o vapor de mercúrio não deveria exceder a 0.1 mg/m^3 . O ar saturado com o vapor, a 20°C , contém mercúrio em uma concentração muito maior do que o limite permitido. O perigo aumenta em altas temperaturas.

A disponibilidade do mercúrio é também influenciada pelas variações das condições do solo, incluindo-se o pH. O mercúrio puro ou inorgânico pode ser metilado por processos enzimáticos e não enzimáticos. O metilmercúrio pode ser formado na água e no solo, a partir da metabolização do mercúrio por bactérias, bem como nos tecidos dos peixes, onde é bioacumulado. Os peixes maiores e mais velhos tendem a conter níveis mais elevados de mercúrio. O episódio mais conhecido de exposição prolongada a compostos de mercúrio ocorreu na Baía de Minamata, no Japão, entre 1953 e 1960. Os habitantes daquela região sofreram grave intoxicação devido ao consumo de peixes contaminados com compostos orgânicos de mercúrio, a partir do despejo de resíduos industriais em um rio próximo^{30,83,153,155,181}.

Riscos: Perigo de envenenamento. Emite vapores tóxicos especialmente quando aquecido. Apresenta incompatibilidade com ácidos fortes⁸³.

▪ *Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo:*

O mercúrio metálico (Hg^0) é importante, do ponto de vista toxicológico, pela sua alta pressão de vapor. Nessa forma é absorvido principalmente através de inalação e é rapidamente oxidado a Hg^{2+} nos alvéolos pulmonares. As principais formas de introdução do mercúrio no organismo são via ingestão de água e alimentos contaminados (principalmente peixes e frutos do mar), liberação do metal utilizado em tratamentos médicos e odontológicos, inalação de ar contaminado e o contato dérmico com produtos contendo o metal ou seus compostos.

A inalação de alguns miligramas de vapor de mercúrio metálico pode resultar em intoxicação aguda, com sintomas como lesões pulmonares, náuseas, vômitos, cólicas abdominais, diarréias, aumento da pressão sanguínea e dos batimentos cardíacos, lesões na pele, irritação nos olhos, dores musculares, febre e aumento de glóbulos brancos. O contato direto e freqüente com vapor de mercúrio metálico causa inflamação na boca e gengiva, gosto metálico, dor, perda de dentes e ulceração.

Os compostos de mercúrio, particularmente os orgânicos, são extremamente tóxicos. As formas mercuriais orgânicas referem-se a todos os compostos nos quais o mercúrio forma uma ligação com um átomo de carbono, como o etilmercúrio, o metilmercúrio e o fenilmercúrio, entre outros. Esses compostos formam sais com ácidos orgânicos e inorgânicos, além de reagirem com ligantes biologicamente importantes, sendo absorvidos pelo trato intestinal. Em seguida, 80 a 90% da substância ligam-se às células vermelhas, atravessando rapidamente as membranas biológicas em virtude do alto grau de lipossolubilidade, atingindo principalmente o cérebro, nervos periféricos e medula espinal. Atravessam também a barreira placentária, causando graves danos ao feto (teratogênico) e contaminando o leite materno. Os principais efeitos do mercúrio transmitidos ao feto incluem lesões cerebrais, retardamento mental, falta de coordenação, cegueira, apoplexia, incapacidade de fala, problemas no desenvolvimento dos Sistemas Nervoso e Digestivo, além de lesões hepáticas.

O Sistema Nervoso é muito sensível a todas as formas do mercúrio. O metilmercúrio e os vapores de mercúrio metálico são ainda mais nocivos que as outras formas, por atingirem diretamente o cérebro. Os maiores efeitos da intoxicação por mercúrio são os distúrbios renais e neurológicos provocados por compostos orgânicos e inorgânicos ligados ao mercúrio oxidado. Podem ainda causar efeitos mutagênicos e alteração no metabolismo. Quando o envenenamento por mercúrio ocorre, os danos são permanentes.

O sintoma mais comum da exposição crônica a níveis moderados de mercúrio é a tremedeira. A visão pode ser prejudicada em intoxicações agudas, causando daltonismo e cegueira, além de deficiência dos outros órgãos sensoriais, falta de equilíbrio e de memória. O mercúrio é considerado um agente neurointoxicante e o envenenamento subagudo por mercúrio evidencia clara manifestação neurológica. A toxicidade do metilmercúrio é primeiramente observada no Sistema Nervoso Periférico. Afeta também o fígado e os rins, causando proteinúria e necrose no trato intestinal.

Os dados disponíveis sobre a carcinogenicidade em humanos, de todas as formas do mercúrio, são inadequados. Em estudos com animais, o cloreto mercúrico causou vários tipos de tumores em ratos e camundongos, enquanto o metilmercúrio foi o principal responsável pelos tumores renais. A U.S.EPA determinou que esses compostos são possíveis carcinogênicos humanos^{30,115,153,155}.

Toxicidade: A inalação de vapores de mercúrio pode causar tosse, dores no tórax, náuseas e vômitos. Efeitos crônicos por exposição prolongada podem ocasionar danos ao fígado, aos rins e ao SNC. As concentrações do metal no cérebro, fígado e rins, produzem efeitos venenosos⁸³.

2.3.8. Níquel

- *Ocorrência:*

O níquel (Ni) ocorre livre em meteoritos e, provavelmente, no centro do globo terrestre, junto com o ferro, em uma região chamada nife. Os sideritos são meteoritos de ferro combinado em liga, com 5 a 20% de níquel. Na crosta terrestre, participa com cerca de 0,018 % e ocorre sempre combinado principalmente com arsênio, enxofre, silicato e NiS·2FeS (pentlandita), o principal minério de níquel do ponto de vista comercial. Solos agriculturáveis possuem de 3 a 1000 mg/kg de níquel. Em águas naturais, os níveis encontrados estão entre 2 e 10 µg/l para água doce e, entre 0,2 e 0,7 µg/l para água marinha. Em áreas remotas, a concentração de níquel na atmosfera está entre < 0,1 e 0,3 ng/m³. Há um grande depósito natural de minério de níquel-ferro na Groenlândia. Os maiores depósitos naturais de níquel se encontram no Canadá, maior produtor mundial do metal. Outros importantes produtores de níquel são Cuba, Porto Rico, países da antiga União Soviética, China e Austrália^{18,42,85,144,182,194}.

- *Fontes antropogênicas e sistemas químicos de pilhas e baterias nos quais é utilizado:*

Normalmente não é necessário produzir níquel em laboratório, pois o elemento encontra-se facilmente disponível comercialmente. Pequenas quantidades de níquel puro podem ser isoladas em laboratório, através da purificação do níquel cru, com monóxido de carbono. O produto intermediário desse processo é o níquel tetracarbonila [Ni (CO)₄], altamente tóxico, que se decompõe por aquecimento a aproximadamente 250°C, para formar níquel metálico puro, em pó. O Ni (CO)₄ é um complexo volátil, facilmente carregado do recipiente de reação na forma de gás livre de impurezas. Industrialmente o processo *Mond* usa a mesma química. Os óxidos de níquel reagem com “gás d’água” (mistura de CO + H₂). A redução do óxido com hidrogênio resulta em níquel impuro, o qual reage com o CO do “gás d’água” para formar o Ni (CO)₄. A decomposição térmica produz níquel metálico puro.

As principais fontes antropogênicas de níquel são a queima de carvão e óleos combustíveis para geração de energia, incineração de resíduos e de lodos de esgotos, mineração e produção primária de níquel, além de outras atividades da indústria. O níquel está presente nos efluentes líquidos provenientes de vários processos industriais e outras fontes tais como: das indústrias siderúrgica e metalúrgica, para a obtenção de aço inoxidável (com teores de Ni acima de 15%) e outras ligas resistentes à corrosão, de galvanoplastia, de vidros e cerâmicas, alimentícia, química e petroquímica (finamente dividido, o níquel absorve 17 vezes seu próprio volume de hidrogênio e é utilizado como catalisador em um grande número de processos, incluindo a hidrogenação do petróleo). É largamente utilizado também em tubulações de usinas para dessalinização de água do mar, cunhagem de moedas e indústria eletro-eletrônica, entre outras^{42,85,144,182}.

Aparentemente os métodos de processamento de alimentos adicionam mais níquel aos teores já presentes nas matérias primas, via lixiviação do níquel contido nas ligas componentes dos equipamentos de processamento feitos de aço inoxidável, moagem de farinhas e hidrogenação catalítica de óleos e gorduras vegetais, pelo uso de pó de níquel metálico como catalisador¹⁸⁷.

Na indústria de pilhas e baterias, o níquel é matéria prima importante para a obtenção de eletrodos para baterias recarregáveis de Ni-Cd e Ni-MH. No sistema químico das baterias de Ni-Cd, participa como componente do cátodo sob a forma de NiO₂. Nas baterias de Ni-MH, além de componente do cátodo [Ni (OH)₂], participa como componente do ânodo sob a forma metálica, formando liga com outros metais. O níquel metálico é utilizado também em invólucros de baterias como revestimento para proteção contra corrosão^{2,19,91,115}.

▪ *Efeitos ao ambiente:*

O níquel é um metal duro, maleável, dúctil e apresenta intenso brilho. Possui propriedades magnéticas abaixo de 345°C, sendo bom condutor de calor e de eletricidade. Ocorre em 5 formas isotópicas diferentes. O níquel metálico não é

muito ativo quimicamente. É solúvel em ácido nítrico diluído e torna-se passivo (não reativo) em ácido nítrico concentrado. Não reage com álcalis. É estável ao ar, à temperatura ambiente e não é afetado pela água. O aquecimento contribui para sua instabilidade ao ar. Fundamentalmente o níquel forma compostos divalentes, ainda que ocorram casos de estados formais de oxidação que variam de -1 a $+4$. A maioria de seus sais apresenta coloração verde ou azul e geralmente se encontra na forma hidratada. Os compostos de níquel são identificados por adição de dimetilglioxima, o qual reage com o níquel em meio amoniacal, formando um precipitado de coloração vermelha^{18,42,85,144,176}.

O níquel é um elemento que ocorre no solo, água, ar e biosfera. Emitido para o ambiente, através de processos naturais e antrópicos, o níquel é circulado por todos os compartimentos ambientais, por meio de processos químicos e físicos, sendo biologicamente transportado por organismos vivos. Os principais compostos de níquel presentes no ar são os sulfatos, óxidos, sulfetos e, em menor quantidade, o níquel metálico. A maior concentração de níquel no ar encontra-se associada às partículas menores, sendo o transporte e distribuição das mesmas, entre os diferentes compartimentos ambientais, fortemente influenciados pelo tamanho da partícula e pelas condições meteorológicas¹⁹⁴.

As plantas terrestres absorvem o níquel do solo, principalmente através das raízes, em quantidades que dependem de vários parâmetros geoquímicos e físicos. Esses parâmetros incluem tipo de solo, pH, umidade, conteúdo de matéria orgânica e quantidade de níquel disponível. Níveis acima de 50 mg/kg (peso seco) são tóxicos para muitas plantas. Bioacumulação e efeitos tóxicos foram observados em vegetais que cresceram em locais de tratamentos de lodo de esgoto e próximos a fontes de emissão de níquel. Algumas plantas que crescem em solos contendo selênio, os quais são ricos em níquel elementar, interagem com este metal fitotóxico, acumulando-o em seus tecidos. A folhagem rica em níquel é geralmente tóxica aos insetos herbívoros, incluindo as taturanas. Existem evidências de que pó de níquel puro, proveniente de poeiras meteoríticas, com partículas menores do que 1μ , são depositadas no solo provenientes da estratosfera^{37,194}.

Altas concentrações de níquel foram observadas em plantas aquáticas. Nos rios e lagos, o elemento é transportado principalmente aderido à superfície das partículas e em associação com matéria orgânica. Dependendo do tipo de solo, o níquel pode apresentar uma alta mobilidade, indo alcançar as águas subterrâneas e superficiais. Nenhum dado foi encontrado para sugerir o envolvimento do níquel em qualquer processo biológico no ambiente aquático^{21,194}.

Nos EUA, o *National Response Center* (NRC) determina que uma emissão ou um vazamento no ambiente, de 45,5 Kg ou mais de níquel, seja imediatamente notificada (CERCLA – *Reportable Quantities*)²¹. Listado como substância perigosa, poluente do ar, conhecida ou suspeita de causar sérios problemas de saúde, o níquel é uma das substâncias incluídas na nova regulamentação para redução de padrões de emissão de poluentes tóxicos (U.S.EPA)¹⁶². As diretrizes da U.S.EPA determinam o limite de níquel em água potável, em 100µg/l. O níquelcarbonila [Ni (CO)₄] é um gás volátil extremamente tóxico e a concentração deste composto na atmosfera não deve ultrapassar 0.007 mg/m³¹⁵⁹.

Riscos: Estável na forma compacta. O metal pulverizado e os fumos de níquel podem inflamar-se espontaneamente. Incompatível com alumínio, cloreto de alumínio, p-dioxanas, hidrogênio, metanol, não metais, oxidantes e compostos de enxofre. Reage vigorosa ou explosivamente com anilina, sulfeto de hidrogênio, solventes inflamáveis, hidrazina e pós metálicos (especialmente zinco, alumínio e magnésio)^{72,85,133,134,188}.

▪ *Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo:*

- Níquel metálico (Ni⁰) – Evidência de carcinogenicidade
- CLASSIFICAÇÃO “A” – carcinogênico humano (*Integrated Risks Information System -IRIS*)^{4,153,160}.

As bases para a classificação foram dados em humanos, nos quais a exposição à poeira de níquel causou diversos tumores nasais e pulmonares. Vários estudos

epidemiológicos foram realizados em trabalhadores expostos ao sulfeto de níquel, em diferentes países, bem como em animais, nos quais foram produzidos carcinomas por inalação e injeção. Os dados de carcinogenicidade do níquel são considerados suficientes. O níquel foi confirmado como carcinogênico humano em 1999^{111,160,194}.

A avaliação dos dados disponíveis considerou suficientes as evidências da carcinogenicidade do sulfato de níquel em humanos, como também da combinação de sulfetos e óxidos de níquel encontrados no processamento industrial do níquel. A evidência de carcinogenicidade em humanos para o níquel metálico e ligas de níquel, é inadequada. Mas há evidências suficientes em animais, da carcinogenicidade do níquel metálico, monóxidos de níquel, hidróxidos de níquel e sulfetos cristalinos de níquel¹⁶⁰. Outros compostos de níquel são antecipadamente presumidos como carcinogênicos, ou ainda não foram completamente avaliados em humanos. O níquel e seus compostos inorgânicos podem ser absorvidos através da pele, mas não em quantidades suficientes para causar intoxicação^{111,131}.

Foi realizada a avaliação completa dos compostos de níquel como um grupo, baseada nos resultados combinados de estudos epidemiológicos e estudos experimentais de carcinogenicidade em animais, além de vários outros tipos de dados relevantes, tendo como suporte o princípio de que os compostos de níquel podem gerar íons em locais críticos em suas células alvo. O resultado da avaliação completa é de que os compostos de níquel são carcinogênicos humanos (Grupo 1). O níquel metálico é um provável carcinogênico humano (Grupo 2B)¹⁹⁴.

Em trabalhadores de refinarias de níquel, elevado risco de câncer nasal e pulmonar tem sido demonstrado^{53,156}. Na indústria de galvanoplastia, foram relatados sintomas de asma em pessoas com hipersensibilidade ao níquel, em associação à exposição a vapores de níquel. Também foi relatada pneumocose, em associação à exposição à poeira de níquel e efeitos na mucosa nasal, relacionados a aerossóis de níquel. Outros sintomas de exposição à atmosfera com elevados teores de níquel são: irritações nos olhos, nariz e garganta, rachaduras na pele e sensação de queimação nos lábios^{50,57}.

O níquel metálico é bem conhecido como causador de dermatite de contato em indivíduos sensíveis. O tipo de hipersensibilidade ao níquel, em longo prazo, é uma das alergias mais comuns. Cerca de 4,5% da população geral na Europa e 5,8% nos Estados Unidos são alérgicos a este metal, muito utilizado em *piercings* e outras bijuterias. Asma, urticária, eritema multiforme, dermatite de contato e eczema podem ser provocados por uso de objetos feitos de níquel^{41,74}.

Efeitos adversos podem ser causados por ingestão, contato dérmico, inalação ou via parenteral. A exposição ao níquelcarbonila ocorre geralmente por inalação. A exposição aguda a essa substância é muito mais perigosa do que ao níquel metálico, sais ou óxidos de níquel. O níquelcarbonila produz graves irritações e lesões pulmonares, as quais podem ser fatais. Os sinais e sintomas dos efeitos pulmonares podem ser retardados. Distúrbios gastrointestinais, hepáticos, renais, hematológicos, convulsões e outros efeitos neurológicos também podem ocorrer. A ingestão ou inalação de doses elevadas de níquelcarbonila pode causar náuseas, vômitos e diarreia. Em exposições crônicas ao níquelcarbonila, anormalidades no EEG têm sido relatadas. As reações dérmicas ao níquelcarbonila são raras. Outros óxidos e sulfetos, bem como pó de níquel, podem causar reações similares, mas os efeitos são menos fortemente caracterizados^{41,131}.

Estudos relatam os sais de níquel como teratogênicos aos animais. Aumento de partos prematuros e mortalidade neonatal ocorreram em associação com o consumo materno de soluções de cloreto de níquel, antes e durante a gestação. O níquel também foi encontrado no leite materno. A administração de sulfato de níquel a ratos por via oral ocasionou diminuição de tamanho dos testículos, da próstata e da vesícula seminal, bem como anormalidades e diminuição na contagem de esperma¹³¹. Aberrações cromossômicas foram identificadas em alguns estudos-controle. Transformações morfológicas em células de animais também foram relatadas. Compostos insolúveis de níquel (sulfetos, óxidos e subsulfetos), bem como alguns solúveis, são genotóxicos e mutagênicos¹³¹. Estudos com animais em exposição ao níquel evidenciam alterações na resistência imunológica a vírus e bactérias³⁹.

Toxicidade: A poeira e os fumos de níquel e seus compostos são cancerígenos, genotóxicos, mutagênicos e teratogênicos. Causam problemas no Sistema Respiratório, alterações imunológicas e distúrbios digestivos. Gases e vapores tóxicos (tais como níquelcarbonila) podem ser liberados em incêndios envolvendo níquel ^{39,72,85, 111, 131,133,134,188}.

2.3.9. Prata

▪ *Ocorrência:*

A prata (Ag) raramente ocorre pura. Seu principal mineral é a argenite (Ag_2S) associado ao sulfeto de chumbo, de zinco, cobre, níquel e sulfeto de estanho. Ocorre também em outros minérios, combinada sob a forma de cloreto de prata (AgCl) com enxofre, com enxofre e antimônio, entre outros. A prata ocorre na maioria dos minérios de chumbo e de cobre e também, associada ao arseneto de cobalto e ao ouro. A maior parte da prata produzida é produto secundário do processo de extração desses metais. No entanto, algumas minas ocupam-se exclusivamente da exploração deste elemento. As grandes jazidas de prata estão localizadas na região das Montanhas Rochosas (oeste dos Estados Unidos), nas montanhas do México e na Cordilheira dos Andes, no Peru e na Bolívia. Os maiores produtores mundiais de prata são os EUA, Canadá, México, Bolívia, Austrália, Alemanha e a ex-URSS^{89,104}.

▪ *Fontes antropogênicas e sistemas químicos de pilhas e baterias nos quais é utilizado:*

Fontes importantes de contaminação do ambiente por prata são a queima de óleo combustível fóssil e a incineração de resíduos sólidos municipais. Grande parte da prata liberada no solo e na água é proveniente da emissão de efluentes industriais e de revelação de laboratórios fotográficos, na rede de esgotos. As principais fontes antropogênicas de prata incluem a siderurgia, na obtenção de aço refinado, a fabricação de cimento e metalurgia, na obtenção de ligas com grande variedade de aplicações. A prata “*sterling*” (92,5% de prata com liga de cobre ou outro metal) é muito utilizada em confecção de jóias e prateamentos. A prata, entre outras aplicações, é muito utilizada na fabricação de material fotográfico, material odontológico, ligas especiais para soldas, contatos elétricos, circuitos impressos, espelhos e moedas^{12, 89,104,184}.

A prata é matéria prima componente dos sistemas químicos de baterias de de prata-zinco e prata-cádmio, de alta capacidade. Participa também na composição das pilhas de prata do tipo botão, para obtenção do cátodo constituído de óxido de prata bivalente (Ag_2O_2)^{12,46,155}.

▪ *Efeitos ao ambiente:*

A prata é um metal estável e resistente à oxidação ao ar puro, mas reage com o enxofre da atmosfera formando sulfeto de prata (Ag_2S). Absorve fortemente o oxigênio em seu ponto de fusão. É solúvel em ácidos oxidantes e compostos contendo o íon cianeto (CN^-). É insolúvel em água e álcalis e solúvel em ácido sulfúrico a quente, e em ácido nítrico concentrado ou diluído. Na maioria dos compostos, a prata apresenta-se com número de oxidação + 1. O nitrato de prata é o reagente de partida para a obtenção de haletos de prata^{89,184}.

Além das fontes antropogênicas, a prata pode ser liberada no ar e na água através de processos naturais, tais como o desgaste das rochas por ações climáticas. As águas das chuvas, através de um bom escoamento e condições ácidas, infiltram-se com mais facilidade no solo e podem carrear a prata para as águas subterrâneas. A prata não parece ser concentrada em extensão significativa nas plantas aquáticas e é, moderadamente, bioconcentrada nos peixes e invertebrados^{4,115}.

A prata é útil como agente antibacteriano e demonstrou ser bactericida mesmo em concentrações não elevadas o suficiente para precipitar as proteínas. Supõe-se que a prata interfira em processos essenciais na célula bacteriana. Devido às suas propriedades germicidas, os sais de prata são também utilizados como desinfetantes de água potável¹⁵⁵. A U.S.EPA recomenda para água potável que a concentração de prata não ultrapasse 0,10 mg/l. Limites para exposição ocupacional também foram estabelecidos pelos órgãos de controle, nos Estados Unidos⁴.

Riscos: Os sais de prata são incompatíveis com ácidos fortes e bases fortes⁸⁹.

▪ *Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo:*

A prata é um metal pesado que não tem nenhuma função biológica conhecida, não sendo elemento essencial ao organismo. Apresenta baixa toxicidade, exceto em níveis de exposição elevados. A exposição a altos níveis de prata, por um longo período de tempo, pode causar argíria, uma descoloração azul-acinzentada da pele e de outros tecidos do corpo, de efeito permanente, porém inócuo. Os sais de prata são de características cáusticas e têm sido utilizados no tratamento de verrugas e de queimaduras, apresentando forte poder anti-séptico e bactericida ^{4,155}.

A exposição a altos níveis de prata no ar resulta em dores estomacais, problemas respiratórios, irritação nos pulmões e garganta, edema pulmonar, necrose da medula óssea, fígado e rins. Em contato dérmico com a prata, podem ocorrer reações alérgicas e inflamações em algumas pessoas. As reações crônicas à prata são mais relevantes e envolve níveis baixos de exposição. Além da pele, os sais de prata podem se depositar em outros órgãos causando prejuízos funcionais, como na base das membranas dos rins, na córnea e membrana anterior do cristalino, trato respiratório, fígado e trato gastrointestinal. Efeitos tóxicos da prata foram relatados para os sistemas hepático e cardiovascular ^{4,154,155}.

Não há estudos disponíveis sobre a carcinogenicidade da prata em humanos. Em animais, os estudos não são conclusivos. A U.S.EPA determinou que a prata não seja classificada como carcinogênico humano. Os compostos de prata foram também classificados como não mutagênicos ⁴.

Toxicidade: O metal puro tem baixa toxicidade, mas seus sais irritam a pele e as mucosas. A ingestão de pequenas quantidades de sais de prata pode ser letal ou provocar câncer. A exposição prolongada ao metal pulverizado causa danos à pele, olhos e mucosas, podendo resultar principalmente em sérios danos à visão ⁸⁹.

2.3.10. Zinco

▪ *Ocorrência:*

O zinco (Zn) não ocorre livre na natureza. Encontra-se na crosta terrestre sob a forma de minerais, associado a outros metais como o cobre e o chumbo, sempre na forma divalente (Zn^{2+}). A maioria das rochas e muitos minérios contêm zinco em quantidades variáveis. O zinco é também encontrado em minérios, combinado com enxofre, carbonatos, silicatos e óxidos. A emissão natural mais importante de zinco na água é proveniente da erosão. No ar, os aportes naturais de zinco devem-se fundamentalmente a emissões ígneas e a incêndios florestais. Os depósitos de zinco estão abundantemente distribuídos no ar, água, solo e alimentos, por todo o mundo, sendo muito comum encontrar grandes depósitos de zinco combinado com ferro (marmatite). Os principais depósitos encontram-se nos EUA, Canadá, Rússia, Peru e Austrália. Comercialmente, a esfarelita (ZnS) é o minério mais importante e fonte principal do metal para a indústria do zinco. Os maiores produtores deste minério são o Canadá, os EUA, o Peru e o Japão. No Brasil, existem reservas produtoras de zinco em vários estados^{86,107}.

▪ *Fontes antropogênicas e sistemas químicos de pilhas e baterias nos quais é utilizado:*

Uma parte do zinco é liberada no ambiente através de processos naturais, mas a grande maioria é proveniente da atividade humana. As principais fontes antropogênicas de zinco são: extração do mineral, instalações e produções de zinco, produção de ferro e aço, corrosão de estruturas galvanizadas, combustão de carbono e outros combustíveis, emissões de numerosas atividades industriais, incineração de resíduos e o uso de praguicidas e fertilizantes contendo zinco. O zinco é amplamente utilizado como revestimento protetor de outros metais na indústria em geral, na construção civil e na obtenção de muitas ligas metálicas.

Os compostos inorgânicos de zinco têm várias aplicações, tais como: peças para automóveis, baterias de acumuladores, pilhas secas, materiais odontológicos, médicos e domésticos. Os compostos orgânicos de zinco são utilizados como: fungicidas, antibióticos tópicos, e lubrificantes, entre outros. Os compostos de zinco são numerosos e largamente utilizados. Os mais importantes são o óxido de zinco (ou branco de zinco), um composto muito versátil e o cloreto de zinco, ambos com muitas aplicações. O carbonato de zinco é outro composto importante e, o sulfato cristalino de zinco é utilizado como vitrificante.

O zinco tem grande aplicação na indústria de pilhas, como matéria prima para a fabricação de placas e eletrodos negativos e invólucros. Reage com ácidos minerais diluídos, liberando hidrogênio ^{6,45,86,107,185,192}.

▪ *Efeitos ao ambiente:*

O zinco é um metal branco azulado, brilhante e cristalino, bastante reativo. É estável ao ar seco e, em presença de umidade, forma uma película de carbonato básico de zinco em sua superfície. O zinco iônico sofre solvatação e sua solubilidade depende do pH e da concentração de ânions. É um elemento de transição e pode formar complexos com diversos compostos orgânicos. Na natureza, não existem compostos organometálicos de zinco. Esse metal torna-se maleável e dúctil, a uma faixa de temperatura entre 100° a 150° C, podendo ser facilmente moldável. É capaz de reduzir a maioria dos outros elementos em estado metálico sendo, por isso, utilizado como eletrodo em pilhas secas e em hidrometalurgia. O zinco apresenta alguma similaridade, quando em solução aquosa, com o berílio (Be^{2+}) e na química dos complexos do magnésio (Mg^{2+}). Reage facilmente com ácidos não oxidantes liberando hidrogênio (H_2) e formando íon divalente (Zn^{2+}). Apresenta caráter anfótero nas reações com ácidos e com bases ^{86,107,185,192}.

O zinco é encontrado em todos os segmentos do meio ambiente. Suas concentrações nos sedimentos do solo e na água doce dependem de influências geológicas e antropogênicas locais sendo, portanto, muito variáveis. Concentrações

mais altas do que as naturais podem ser atribuídas à presença de minerais com teores elevados de zinco, a fontes antropogênicas ou a processos bióticos e abióticos. A integração da química e da toxicologia, no estudo das questões ambientais, permitiu prever melhor os efeitos do zinco nos organismos presentes no ambiente. Isto levou a um ponto de vista atualmente aceito, de que a concentração total de um elemento essencial como o zinco, em um compartimento do meio ambiente, não é considerada de maneira isolada um bom indicador de sua biodisponibilidade¹⁹².

O zinco encontra-se na atmosfera principalmente associado a partículas de aerossol. O tamanho da partícula depende da fonte de emissão do zinco. Uma porção importante do zinco, liberado em processos industriais, é adsorvida por partículas suficientemente pequenas para permanecer na gama respirável. O transporte e a distribuição do zinco atmosférico variam em função do tamanho das partículas e das propriedades dos compostos de zinco correspondentes. O zinco é eliminado da atmosfera por deposição seca e úmida. Pode percorrer longas distâncias se adsorvido sobre partículas com densidade e diâmetro baixos¹⁹².

O zinco liberado no ambiente é sedimentado no solo, ou então mantido em suspensão no ar como partículas de poeira. A lixiviação do zinco do solo não é provável, devido à sua adsorção sobre a argila e sobre a matéria orgânica. Os solos ácidos e os arenosos, com baixo teor orgânico, têm menos capacidade de absorção. Chuva e neve removem as partículas de poeira do ar, carreando-as para o solo. Os compostos de zinco podem se mover para as águas subterrâneas e superficiais^{152,192}.

A distribuição e o transporte do zinco na água, nos sedimentos e no solo dependem do tipo de composto presente e das características do meio. A solubilidade do metal se dá sobretudo em função do pH. Com valores de pH ácido, o zinco pode estar presente na água em sua forma iônica. Em pH superior a 8, pode precipitar. Também pode formar complexos orgânicos estáveis, como por exemplo com os ácidos húmico e fúlvico. A formação desses compostos pode aumentar a mobilidade e/ou a solubilidade do zinco¹⁹².

Tem sido demonstrado que o zinco produz efeitos adversos reprodutivos, bioquímicos, fisiológicos e de comportamento em diversos organismos aquáticos, animais e vegetais. Em geral, a toxicidade do zinco nas plantas provoca transtornos no metabolismo, que são diferentes daqueles produzidos por sua deficiência. A concentração crítica no tecido foliar, para um efeito sobre o crescimento varia, na maioria das espécies, de 200 a 300 mg/kg de peso seco. Estudos detectaram efeitos adversos nos invertebrados aquáticos, peixes e plantas terrestres, nas imediações de fontes de contaminação por zinco¹⁹².

Os animais aquáticos absorvem mais o zinco da água, do que dos alimentos. Somente o zinco dissolvido tende a estar disponível, dependendo das características físicas e químicas do meio ambiente e dos processos geológicos. Conseqüentemente, a avaliação do impacto ao meio ambiente deve ser realizada de maneira específica para cada lugar. Deve-se encontrar um equilíbrio entre os efeitos adversos do zinco e seu caráter essencial. A deficiência de zinco em plantas e animais produz efeitos graves em todas as fases da reprodução, crescimento e da proliferação de tecidos^{152,192}.

As concentrações em plantas e animais são mais altas perto de fontes antropogênicas pontuais de contaminação por zinco. Algumas plantas acumulam zinco, mas a magnitude da acumulação nos tecidos vegetais vai depender das características do solo e da própria planta. Nos organismos, além do ambiente, as concentrações de zinco variam com a idade, sexo, fase da vida, biodisponibilidade do zinco nos alimentos e condições fisiológicas, entre outros fatores. Em exposição não ocupacional, a inalação do zinco da atmosfera não é significativa para haver contaminação^{152,192}.

Os compostos de zinco normalmente encontrados em resíduos considerados como perigosos incluem o cloreto, sulfato, sulfeto e óxido de zinco. A maior parte do zinco no solo permanece ligada às partículas do mesmo. O metal é acumulado nos peixes, moluscos e em algumas plantas. É elemento essencial para muitas espécies de organismos. O zinco foi encontrado em pelo menos 801 dos 1416 locais

contaminados por resíduos perigosos, identificados pela Lista Nacional de Prioridades da U.S.EPA^{4,6,152,192}.

A U.S.EPA recomenda que o teor de zinco na água potável não ultrapasse o limite de 5 ppm, devido ao sabor. Recomenda também que sejam relatadas todas as emissões no ambiente, com teor acima de 1000 libras (454 kg) de zinco ou de seus compostos⁴. A *Administração de Saúde e Segurança Ocupacional* (OSHA) dos Estados Unidos, estabeleceu a concentração máxima para os fumos de cloreto de zinco no ar em ambiente de trabalho, em $1\text{mg}/\text{m}^3$ e $5\text{mg}/\text{m}^3$ para fumos de óxidos de zinco, considerando uma jornada de trabalho de 8 horas⁴.

Toxicidade: O zinco puro é atóxico, mas os gases liberados pelo aquecimento ou por reações químicas podem irritar as vias respiratórias, se inalados.

▪ *Efeitos à saúde e vias de introdução no organismo:*

O zinco é um elemento-traço essencial para o metabolismo humano. Depois do ferro, é o elemento mais envolvido em reações enzimáticas que qualquer outro, estando presente em cada célula do organismo. É componente de numerosas enzimas biológicas, incluindo aquelas relacionadas à digestão e ao metabolismo, sínteses de DNA e RNA, transporte de elétrons e produção de energia aeróbia e anaeróbia^{6,192}.

A carência de zinco pode resultar em perda de apetite, retardamento no desenvolvimento fetal durante a gestação, crescimento e desenvolvimento lentos dos órgãos sexuais em jovens, danos ao sistema imunológico, entre outros problemas. O zinco é crucial para várias funções hormonais, incluindo a insulina, hormônio do crescimento, hormônios sexuais e hormônios produzidos pelo timo. Por outro lado, o excesso de zinco é também prejudicial. A ingestão de excesso de suplemento dietético contendo zinco pode causar intoxicação. Efeitos nocivos à saúde geralmente começam a surgir em teores a partir de 10-15 vezes maiores que a dose diária recomenda. A ingestão de quantidades elevadas de zinco, mesmo por um curto período de tempo, pode causar cólicas estomacais, náuseas, vômitos e diarreias. Por

um período de tempo mais longo, pode causar anemia, lesões no pâncreas e baixos níveis do colesterol HDL (o bom colesterol)⁶.

O Departamento de Saúde e de Serviços Humanos, a Agência Internacional para Pesquisa do Câncer e a U.S.EPA não classificaram o zinco como carcinogênico humano. O zinco está classificado no Grupo “D” (por peso da evidência), devido à não comprovação da evidência de sua carcinogenicidade em estudos em humanos e animais. O zinco metálico é relativamente não tóxico e a toxicidade aguda ao zinco é bastante rara. A dosagem diária recomendada para um bom suporte à saúde está entre 15 e 20 mg. Não é recomendável a ingestão de doses diárias de 150 mg ou mais, por períodos mais longos que uma semana^{4,6,152,192}.

A exposição a altos níveis de zinco ocorre na maioria das vezes através de ingestão de água e de alimentos contaminados, em populações próximas a locais de processamento de zinco ou de depósitos de resíduos sólidos. Bebidas armazenadas em recipientes revestidos de zinco, ou que fluem através de tubulação contendo o metal, também podem causar intoxicação. A absorção do zinco no trato gastrointestinal é variável (20-80%), dependendo da forma química em que se encontra, dos níveis de zinco no organismo, assim como das concentrações dietéticas de outros nutrientes. A absorção intestinal do zinco está regulada por um mecanismo homeostático que depende fundamentalmente da secreção pancreática e intestinal, e da excreção fecal^{6,152,192}.

Na homeostase, podem intervir proteínas fixadoras de metais, como a metalotioneína e proteínas intestinais ricas em cisteína, além de outros mecanismos desconhecidos. Nos animais, a absorção pode variar entre 10 a 40% em função do estado nutricional e da presença de outros componentes nos alimentos. A meia vida biológica do zinco é, em média, de 4 a 50 dias em ratos, em função da dose administrada. Em humanos, cerca de 280 dias. O zinco é armazenado no fígado, coração, pâncreas, rins, ossos e músculos voluntários. É encontrado também na próstata (a maior concentração de zinco no corpo humano), células sanguíneas,

espermatozoides, olhos, pele, e unhas. A absorção pulmonar é limitada e complicada pelo potencial da absorção gastrointestinal^{64,192}.

Os sais de zinco são largamente utilizados na indústria cosmética. Se ingeridos, podem causar irritações ou corrosão do trato gastrointestinal. A inalação de alguns preparados com pó de zinco pode causar problemas pulmonares, levando crianças menores à morte. O contato dérmico com o zinco causa irritação na pele de animais e humanos. A superexposição ao elemento pode ser determinada no sangue, na urina, nas fezes, na saliva e no cabelo⁶.

A inalação de grandes quantidades de zinco (como poeira ou fumos) pode causar, em curto prazo, a “febre do fumo de metal”, afetando os pulmões e a temperatura do corpo. Entre os sintomas estão a cefaléia, febre, calafrios, dores musculares e vômitos. Não são bem conhecidos os efeitos em longo prazo, de exposição por inalação a altos teores de zinco, nem se essa exposição afeta a reprodução humana ou causa defeitos congênitos. Mas estudos em laboratório comprovam esses efeitos em ratos. Em estudos com animais, observaram-se valores de retenção de 5-20% nos pulmões a partir de uma exposição a aerossóis de óxido de zinco^{6,192}.

Alguns dos compostos de zinco são perigosos à saúde e ao ambiente. Esses incluem o cloreto, o sulfato, cromatos, e o óxido de zinco. O óxido de zinco foi identificado como sendo a principal causa da “febre do fumo do metal”. O fumo de óxido de zinco é irritante ao trato respiratório superior. Embora a febre do fumo do metal ocorra mais freqüentemente em ambientes de trabalho, em uma exposição ao cloreto de zinco ao ar livre, também pode acontecer. A exposição ao cloreto de zinco por inalação produz efeitos como edema intersticial, fibrose intersticial, pneumonite, edema na mucosa bronquial e inclusive a morte, em condições extremas de exposição em ambientes fechados. Esses efeitos são atribuíveis às características higroscópicas e adstringentes das partículas liberadas^{64,65,152,192}.

Algumas formulações contendo fosfeto de zinco foram classificadas como altamente tóxicas. O fosfeto de zinco reage com a água e com o suco gástrico no estômago, liberando gás fosfina, causando toxicidade celular com necrose do trato gastrointestinal e lesões a outros órgãos, como fígado e rins. Os sintomas típicos de intoxicação aguda por fosfeto de zinco incluem náusea, vômito, letargia, dores abdominais, anorexia, edema pulmonar, arritmia cardíaca, colapso circulatório, hipotensão sangüínea, lesões renais, leucopenia, coma e morte^{6,152,192}.

A ingestão de zinco elementar tem demonstrado causar letargia e distúrbios estomacais. A maioria dos casos de toxicidade aguda está relacionada com a ingestão acidental de alimentos contaminados com zinco. Em exposição crônica, pode causar anemia e lesões no pâncreas, afetar adversamente a concentração do colesterol HDL e diminuir a absorção do cobre e do ferro causando sérios desequilíbrios fisiológicos. Mesmo a uma certa dose terapêutica, a toxicidade do zinco na medula óssea tem sido relatada^{6,152,192}.

A seguir é apresentado um resumo dos efeitos mais importantes, causados pelos principais metais presentes nas pilhas e baterias pesquisadas ⁴:

OBS: Convém ressaltar que alguns elementos, tais como o alumínio, antimônio, cromo, estanho, índio, lantânio, titânio, nióbio, neodímio, praseodímio, vanádio e zircônio, em virtude das novas tecnologias empregadas na produção de pilhas e baterias, poderão ter sua importância aumentada quanto aos aspectos toxicológicos.

QUADRO II. Principais efeitos à saúde causados por alguns dos metais mais importantes presentes nas pilhas e baterias estudadas.

METAL	PRINCIPAIS EFEITOS À SAÚDE	METAL	PRINCIPAIS EFEITOS À SAÚDE
Cádmio*	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Câncer ▪ Disfunções digestivas ▪ Problemas pulmonares e no Sistema Respiratório 	Manganês	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disfunção cerebral e do Sistema Neurológico ▪ Disfunções renais, hepáticas e respiratórias ▪ Teratogênico
Chumbo*	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anemia ▪ Disfunção renal ▪ Dores abdominais (cólica, espasmo, rigidez) ▪ Encefalopatia (sonolência, distúrbios mentais, convulsão, coma) ▪ Neurite periférica (paralisia) ▪ Problemas pulmonares ▪ Teratogênico 	Mercúrio*	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Congestão, inapetência, indigestão ▪ Dermatite ▪ Distúrbios gastrintestinais (com hemorragia) ▪ Elevação da pressão arterial ▪ Inflamações na boca e lesões no aparelho digestivo ▪ Lesões renais ▪ Distúrbios neurológicos e lesões cerebrais ▪ Teratogênico, mutagênico e possível carcinogênico
Cobalto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lesões pulmonares e no Sistema Respiratório ▪ Distúrbios hematológicos ▪ Possível carcinogênico humano ▪ Lesões e irritações na pele ▪ Distúrbios gastrintestinais ▪ Efeitos cardíacos 	Níquel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Câncer ▪ Lesões no Sistema Respiratório ▪ Distúrbios gastrintestinais ▪ Teratogênico, genotóxico e mutagênico ▪ Dermatites ▪ Alterações no Sistema Imunológico
Cromo*	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Câncer do aparelho respiratório ▪ Lesões nasais e perfuração do septo e na pele ▪ Distúrbios no fígado e rins, podendo ser letal ▪ Distúrbios gastrintestinais 	Prata	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Argíria (descoloração da pele e outros tecidos) ▪ Dores estomacais e distúrbios digestivos ▪ Problemas no Sistema Respiratório ▪ Necrose da medula óssea, fígado, rins e lesões oculares
Lítio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disfunções renais e respiratórias ▪ Disfunções do Sistema Neurológico ▪ Cáustico sobre a pele e mucosas ▪ Teratogênico 	Zinco	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alterações hematológicas ▪ Lesões pulmonares e no Sistema Respiratório ▪ Distúrbios gastrintestinais ▪ Lesões no pâncreas

* Os seguintes metais estão incluídos na Lista "TOP 20" da U.S.EPA, entre as 20 substâncias mais perigosas à saúde e ao meio ambiente: Pb, Hg; Cd, Cr.

3. OBJETIVOS

3.1 *Objetivo geral*

Estudar e avaliar o gerenciamento de pilhas e baterias usadas na cidade de São Paulo, bem como a legislação brasileira vigente sobre o tema, visando investigar sua abrangência e aplicabilidade, com a finalidade de verificar a necessidade, ou não, da inclusão em seu texto de outros tipos de pilhas e baterias, e de identificar o gerenciamento adequado para esse tipo de resíduo.

3.2. *Objetivos específicos*

- Identificar os principais tipos de pilhas e baterias de uso doméstico existentes no mercado e seus impactos à saúde e ao ambiente, quando descartados junto com o resíduo sólido comum.
- Investigar a aplicabilidade da legislação avaliada, incluindo o conhecimento da mesma junto à população e o destino dado às pilhas e baterias usadas, na prática.
- Levantar a estrutura de coleta e tratamento das pilhas e baterias usadas na cidade de São Paulo,
- Conhecer a opinião de especialistas em saúde e ambiente sobre a legislação em questão.

4 METODOLOGIA

4.1 A pesquisa

Entendendo-se por pesquisa “*a atividade básica das Ciências na sua indagação e descoberta da realidade*”⁹⁴, que visa à “*produção de conhecimento novo, relevante teórica e socialmente e fidedigno*”⁷¹, procurou-se orientar este estudo no sentido de:

- demonstrar a existência (ou a ausência) de relações entre diferentes fenômenos;
- aumentar a generalidade do conhecimento;
- descrever as condições sob as quais um fenômeno ocorre.

De acordo com Minayo⁹⁴, “*nada pode ser intelectualmente um problema, se não tiver sido, em primeiro lugar, um problema da vida prática.*”

Esta pesquisa teve origem na observação assistemática, por parte da pesquisadora, da ocorrência de uma dúvida generalizada, por parte da população, sobre o que fazer com suas pilhas e baterias usadas, apesar da existência na Legislação Brasileira de uma regulamentação específica para esses resíduos considerados especiais, desde 1999 (Resoluções: CONAMA 257¹⁶, de 30.06.99, e CONAMA 263¹⁶, de 12.11.99).

No contexto epistemológico, a substituição da *busca da verdade* pela tentativa de aumentar o poder explicativo das teorias, faz com que o pesquisador passe a ser “*um intérprete da realidade pesquisada, segundo os instrumentos conferidos pela sua postura teórico-epistemológica. Não se espera que ele estabeleça a veracidade das suas constatações, mas sim que seja capaz de demonstrar – segundo critérios públicos e convincentes - que o conhecimento que ele produz é fidedigno e relevante, teórica e/ou socialmente*”⁷¹.... “*O julgamento último da novidade e da importância do conhecimento produzido é feito pela comunidade de pesquisadores que estudam aquela área de conhecimento*”⁷¹.

4.2. *Referenciais metodológicos*

Esta pesquisa fundamentou-se no conceito de metodologia como sendo “*o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade*”, procedimento este que inclui as concepções teóricas de abordagem, o conjunto de técnicas que possibilitam a construção da realidade e o potencial criativo do investigador⁹⁵.

Na tentativa de obter respostas satisfatórias às perguntas apresentadas, optou-se por uma pesquisa qualitativa, descritiva, de caráter exploratório, sem hipóteses claramente definidas, objetivando caracterizar o problema sem a pretensão imediata de solucioná-lo¹⁷². Procurou-se perceber, através das questões específicas levantadas, “*as correlações multilaterais e sempre mutáveis que cercam a realidade objetiva, dentro dos limites da consciência possível*”⁹⁵.

Inicialmente procurou-se fazer uma avaliação da legislação vigente no país, quanto à sua eficácia na prática, no que se refere ao gerenciamento dos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas. Uma análise mais atenta do texto dessa legislação, aliada aos conhecimentos anteriormente adquiridos ao longo da formação acadêmica e da prática profissional, levou a pesquisadora a uma outra questão:

“Seria essa legislação suficiente para assegurar a não contaminação por esses resíduos, do ponto de vista da Saúde Pública e Ambiental? Ou deveriam ser incluídos outros tipos de pilhas e baterias nessa regulamentação?”

4.3. *Caracterização dos procedimentos da investigação*

A pesquisa contempla uma integração às seguintes etapas metodológicas: levantamento das pilhas e baterias disponíveis no mercado e destinadas ao consumidor; revisão bibliográfica; levantamento da legislação específica sobre o tema, em vigor no Brasil; pesquisa de campo (entrevistas); análise e interpretação dos resultados; discussão e proposições para atualização da legislação vigente e para o gerenciamento de resíduos gerados por pilhas e baterias usadas, de acordo com a realidade brasileira.

4.3.1. Levantamento dos principais tipos das pilhas e baterias em estudo disponíveis no mercado

Foi efetuado um levantamento exploratório dos principais tipos de pilhas e baterias existentes nas lojas visitadas, na ocasião da realização das entrevistas. Um exemplar de cada tipo foi adquirido para verificação das informações existentes na embalagem.

4.3.2. Revisão bibliográfica e pesquisa documental

A revisão bibliográfica objetivou identificar as características das pilhas e baterias encontradas no mercado, destinadas ao uso do consumidor, bem como dos principais metais componentes de seus sistemas químicos. Para cada um dos metais selecionados – cádmio, chumbo, cobalto, índio, lítio, manganês, mercúrio, níquel, prata e zinco – foram abordados aspectos considerados relevantes para o desenvolvimento da pesquisa. Procurou-se também investigar a questão dos resíduos gerados por esses produtos pós-consumo, sobre os efeitos causados à saúde e ao ambiente, quando descartados juntamente com o resíduo sólido comum, e quanto ao seu gerenciamento, atualmente sem solução prática.

O cádmio, o chumbo e o mercúrio são os metais pesados de características mais tóxicas e considerados como os mais perigosos do ponto de vista sanitário e ambiental. Têm sido até o momento os metais mais pesquisados cientificamente nesse sentido, encontrando-se extensa e abrangente literatura disponível a respeito de seus efeitos nocivos à saúde e ao ambiente. Esses têm participação importante em diversos sistemas químicos de pilhas e baterias, já estando regulamentados pela legislação em estudo. Além desses, foram incluídos nesta pesquisa outros metais que, mesmo não sendo considerados tão nocivos, passam a adquirir rapidamente uma importância cada vez maior do ponto de vista toxicológico, em função do avanço sempre crescente das pesquisas em busca de novas tecnologias e materiais para a obtenção de produtos de maior desempenho e de mais competitividade nesse mercado.

Quanto aos metais componentes das ligas de metal hidreto, que constituem o eletrodo negativo no sistema de baterias de Ni-MH, as variantes são muitas e as

pesquisas prosseguem em busca da composição ideal. Por esse motivo, os metais identificados na composição desse material (que além do níquel, pode conter vanádio, titânio, nióbio, lantânio, zircônio, cromo e outros), não foram contemplados pela revisão bibliográfica. O fato de o níquel ser o principal componente desse sistema já foi considerado o suficiente pela pesquisadora, para emitir um parecer sobre os resíduos constituídos por esse tipo de bateria.

Por ser este um tema em constante evolução, deparou-se com a necessidade de complementar a revisão bibliográfica com uma atualização, uma vez que não foram encontradas informações recentes na bibliografia consultada, importantes para o objetivo desta pesquisa. A atualização constou de pesquisa documental, realizada nas seguintes instituições: *Associação Brasileira de Indústrias Elétrica e Eletrônica – ABINEE* – em São Paulo (SP); *“Agency for Toxic Substances and Disease Registry” - ATSDR*, no *“Center for Disease Control” - CDC*, do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos (via internet); *Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB* - ligada à Secretaria do Meio Ambiente do governo de Estado de São Paulo; *Departamento de Química Analítica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ*; *Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP*; *Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN*; e *U.S. Environmental Protection Agency – U.S.EPA*, em Chicago. Foi realizada também uma pesquisa via internet de documentos adicionais disponíveis e pertinentes ao tema.

4.3.3. Levantamento da legislação:

O levantamento da legislação brasileira específica sobre pilhas e baterias foi realizado junto aos *websites* da ABINEE, da CETESB e do CONAMA. Comparou-se a referida legislação com o *Relatório Preliminar da Política Nacional de Resíduos Sólidos*, apresentado à Câmara dos Deputados, em Brasília, como Projeto de Lei. A legislação internacional referente ao tema foi também consultada via internet, e utilizada como termo de referência. Foram contempladas as legislações vigentes sobre o tema na União Européia e nos Estados Unidos, para se tentar obter um parâmetro, levando-se em consideração as diferenças culturais de cada população.

4.3.4. Coleta de informações preliminares

Para situar a pesquisa, iniciou-se com uma busca do conhecimento popular (*lato sensu*) que, segundo Lakatos e Markoni⁶⁶, é o modo comum, corrente e espontâneo de conhecer, que se adquire no trato direto com as coisas e com os seres humanos: “*é o saber que preenche nossa vida diária e que se possui sem o haver procurado ou estudado, sem a aplicação de um método e sem se haver refletido sobre algo*”.

Uma das características do conhecimento popular é a *superficialidade*, ou seja, “*conforma-se com a aparência, com aquilo que se pode comprovar, simplesmente estando junto das coisas. Expressa-se por frases como: porque o vi, porque o senti, porque o disseram, porque todo mundo diz.*”⁶⁶ Portanto o conhecimento popular é falível e inexato, não permitindo “*a formulação de hipóteses sobre a existência de fenômenos situados além das percepções objetivas.*”⁶⁶

Procurou-se abordar informalmente o tema com o maior número possível de pessoas encontradas no dia a dia. A observação foi feita de maneira assistemática, não visando esta “organização” das experiências, “*a uma sistematização das idéias, nem na forma de adquirí-las, nem na tentativa de validá-las.*”⁶⁶

4.3.5. Definição da estratégia de amostragem de população

As informações preliminares sugeriram uma carência de conhecimento por parte da população em geral, com respeito ao tema. Esta indicação fundamentou a definição da estratégia de abordagem e de seleção da amostra de população a ser utilizada, para atingir os objetivos específicos desta pesquisa. Considerando os conceitos teóricos que fundamentam a pesquisa qualitativa como um todo, a *Teoria da Representação Social*⁶³ e os instrumentos desenvolvidos por Lefèvre e Lefèvre⁶⁹, procurou-se conhecer o que uma amostra da coletividade sabe sobre a legislação sobre pilhas e baterias e o que pensa sobre essa questão, para se chegar ao *Discurso do Sujeito Coletivo – DSC*⁶⁹.

Optou-se por delimitar a amostragem a um grupo mais restrito de população, procurando-se identificar indivíduos sociais que tivessem uma vinculação mais significativa com o problema. Ao mesmo tempo, seria interessante observar a questão de diferentes ângulos. Para tanto, decidiu-se por subdividir a amostra em quatro grupos distintos, na tentativa “*de abranger a totalidade do problema investigado em suas múltiplas dimensões*”⁹⁴, utilizando-se uma triangulação de informações.

- **Grupo A:** representando a população consumidora teoricamente com maior acesso à informação: estudantes de nível universitário, profissionais ligados à saúde, à educação e à comunicação.

Objetivo: saber seu grau de conhecimento da lei específica sobre o tema, investigar o destino de suas pilhas e baterias, quando esgotadas, e ouvir sugestões para o gerenciamento desses resíduos na prática.

- **Grupo B:** representando comerciantes especializados nos produtos pesquisados.
Objetivo: conhecer o grau de conhecimento da legislação sobre pilhas e baterias junto aos revendedores, e conhecer as providências tomadas pelo segmento, nesse sentido.

- **Grupo C:** integrado por fornecedores (grandes fabricantes e importadores no Brasil).

Objetivo: conhecer o grau de conhecimento da lei, conhecer as providências tomadas no sentido de coleta, tratamento e destino final de seus produtos, pós-consumo.

- **Grupo D:** representado por especialistas em saúde e meio ambiente, atuantes nos meios acadêmico, empresarial e governamental.

Objetivo: busca de informações e opiniões referentes ao tema.

4.3.6. Coleta de dados e instrumentos utilizados

▪ Grupo A:

Inquérito junto a uma amostra de população consumidora previamente selecionada de maneira intencional, composta por 58 pessoas. Um questionário não estruturado (anexo) e aberto foi distribuído, para que se respondesse por escrito, de próprio punho, sem interferência da pesquisadora.

▪ Grupo B:

Para obtenção das informações, foram visitadas 12 lojas especializadas na Rua Santa Ifigênia e imediações, a tradicional zona de comércio de eletro-eletrônicos na cidade de São Paulo. Efetuou-se, com os responsáveis pelos estabelecimentos, uma entrevista padronizada (anexo), cujas respostas foram transcritas. A escolha da amostra foi intencional, procurando-se selecionar apenas grandes estabelecimentos que comercializassem uma grande diversidade de pilhas e baterias, além de equipamentos eletro-eletrônicos, materiais fotográficos e/ou telefonia. Foi incluído ainda um estabelecimento especializado apenas em comercialização de pilhas e baterias de todos os tipos, há mais de 25 anos atuando no mercado.

Entrevistas informais com indivíduos da população consumidora local, e com funcionários em geral de diferentes estabelecimentos, trouxeram informações não oficiais que elucidaram aspectos pouco explorados na mídia e nos documentos disponíveis. Notando a presença da pesquisadora, várias pessoas a procuraram em busca de informações e para opinar sobre sua percepção relativa à questão.

▪ Grupo C:

Contato telefônico da pesquisadora, na qualidade de consumidora, com grandes fornecedores de telefones celulares e eletro-eletrônicos (anexo), para obtenção de informações sobre os procedimentos que o consumidor deve ter com relação às pilhas e baterias usadas, e sobre o destino das pilhas e baterias coletadas.

▪ Grupo D:

Entrevistas abertas, não estruturadas, focalizadas na avaliação da legislação brasileira vigente sobre pilhas e baterias, quanto à sua eficácia e quanto à necessidade (ou não) de sua atualização, para inclusão de outros tipos desses produtos na regulamentação. Procurou-se entrevistar especialistas de diferentes setores, em busca de informações e de opiniões sobre o tema, sob diferentes ângulos.

4.3.7. *Visitas técnicas*

Com a finalidade de investigar a tecnologia e a capacidade disponível para disposição adequada e/ou reciclagem dos resíduos pesquisados, foram realizadas visitas técnicas a um aterro industrial e a uma empresa recicladora, licenciados pela CETESB no Estado de São Paulo. Todo o processo industrial foi acompanhado e informações referentes ao gerenciamento e custos foram levantadas. Visitas técnicas foram efetuadas também a um aterro industrial, a uma empresa recicladora e à unidade da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S.EPA) - na cidade de Chicago, EUA.

4.3.8. *Métodos analíticos empregados e interpretação dos resultados obtidos na análise dos dados coletados*

Atualmente, com a ampliação e evolução do conceito de saúde, as questões relacionadas ao meio ambiente suscitam novas abordagens do objeto, diferentes daquelas puramente quantitativas, que levavam a análises unidimensionais e reducionistas, baseadas em índices estatísticos¹.

Para a análise dos dados obtidos, aplicou-se a técnica do *Discurso do Sujeito Coletivo (DSC)*, utilizando-se três figuras metodológicas: idéia central, expressões chave e o discurso do sujeito coletivo⁶⁸. Após a transcrição literal das respostas obtidas, foi feita a montagem de um instrumento para descrever as idéias centrais que cada indivíduo apresentou em seu discurso, e das expressões chave do conteúdo de

cada discurso. Utilizando-se desse instrumento, procurou-se chegar ao *Discurso do Sujeito Coletivo* por meio da transformação e redução dessa listagem em discursos encadeados, como se houvesse um só indivíduo falando, em um discurso síntese de todos os componentes da amostra, compondo um sujeito coletivo para cada um dos grupos selecionados.

Após a coleta e manipulação dos dados, procedeu-se à análise e interpretação dos mesmos com a finalidade de buscar respostas às investigações, na tentativa de evidenciar as relações existentes entre a legislação avaliada e sua eficácia na prática, além de investigar a necessidade de sua atualização⁶⁶.

Como procedimento metodológico, para a validação dos dados e controle da subjetividade, foi utilizada uma triangulação múltipla de informações, ou seja, o cruzamento das especificidades teóricas e das fontes e, por último, o cruzamento de técnicas metodológicas (dados obtidos na observação e na pesquisa de campo), visando-se a uma compreensão em profundidade e a uma maior segurança na análise interpretativa¹²¹.

Para avaliação da legislação vigente no país, quanto à sua eficácia na prática, comparou-se as determinações contidas nas Resoluções CONAMA nº 257¹⁶, de 30.06.99 e CONAMA nº 263¹⁶, de 12.11.99 (anexos), com os resultados colhidos na pesquisa de campo. Para a avaliação do ponto de vista de saúde pública e ambiental, buscou-se por meio de revisão e atualização bibliográfica, pesquisa documental, entrevistas com especialistas, e de participação de eventos formais de divulgação científica, as informações necessárias à conclusão da necessidade (ou não) de se sugerir uma atualização na legislação.

5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

• Grupo A: A POPULAÇÃO CONSUMIDORA

A – 1. Conhecimento da legislação por parte da população consumidora

Quadro A-1. Expressões chaves e idéias centrais referentes à questão A-1:

Você conhece a lei sobre pilhas e baterias?

SUJEITO	EXPRESSÃO CHAVE	IDÉIA CENTRAL
S₁ (45 pessoas)	<i>Não.</i>	Não conhece a lei
S₂ (3 pessoas)	<i>Pouco.</i>	Conhece pouco a existência da lei.
S₃ (1 pessoa)	<i>Sim, aplicada à indústria.</i>	Conhece pouco o conteúdo da lei
S₄ (1 pessoa)	<i>Não. Mas já ouvi falar que não podemos jogá-las no lixo. São tóxicas e venenosas.</i>	Desconhece a lei, mas já ouviu falar que não se pode jogá-las no lixo
S₅ (8 pessoas)	<i>Sim, já ouvi falar, ou li algo a respeito.</i>	Já ouviu falar, ou leu algo a respeito

DSC A-1. – “*Não. Mas já ouvi falar que não podemos jogá-las no lixo*”

Idéia Central: Desconhece ou conhece pouco a existência da lei ou de seu conteúdo.

Neste caso, os DSCs já estão representados pelas expressões chave, no próprio quadro, uma vez que essas foram as respostas obtidas textualmente. A análise do **DSC A-1** situa a população consumidora como totalmente ignorante com respeito à lei (**S₁**, **S₄**), apesar de alguma demonstração de consciência ambiental (**S₄**), ou com pouco conhecimento de sua existência (**S₂**) e/ou conteúdo (**S₃**, **S₅**).

A-2. Destino dado às pilhas e baterias usadas.

Quadro A-2. Expressões chave e idéias centrais referentes à questão A-2:

O que você faz com suas pilhas e baterias usadas?

SUJEITO	EXPRESSÃO CHAVE	IDÉIA CENTRAL
S ₁ (33 pessoas)	<i>Jogo no lixo.</i>	Joga no lixo.
S ₂ (9 pessoas)	<i>Infelizmente jogo no lixo doméstico, apesar de saber que está errado. Tenho conhecimento dos riscos e de que não devem ser jogadas no lixo comum, mas não encontrei outra saída. Eu guardo e depois jogo fora, mas acho errado. Mas não tenho onde colocar.</i>	Joga no lixo por falta de outra opção de descarte apesar do conhecimento dos riscos,
S ₃ (10 pessoas)	<i>Armazeno em um recipiente, para mais tarde enviar ao fabricante, ou guardo em casa em uma gaveta, numa caixa, no armário, pois sei que não podem ir para o lixo comum, mas não sei onde jogar. Vou guardando, mas às vezes acabo jogando no lixo doméstico tudo de uma vez. Infelizmente.</i>	Armazena em casa, mas como não sabe o que fazer, acaba jogando tudo de uma vez no resíduo comum.
S ₄ (4 pessoas)	<i>Dou o destino adequado. Encaminho ao local onde comprei ou a um centro de coleta, porque não podem ser jogadas no lixo comum.</i>	Dá o destino adequado.
S ₅ (4 pessoas)	<i>As baterias de celular eu devolvo às lojas. As de carro eu vendo. O resto, jogo fora, ou mando para a reciclagem. Tentei devolver aos locais que vendem os produtos, mas não aceitaram.</i>	Dá o destino adequado quando conhece o procedimento correto. Quando não encontra alternativa, joga no lixo.

DSC – A-2.1. (S₁, S₂, S₃) - “Infelizmente jogo no lixo.”

Idéia Central: Joga no lixo.

“Infelizmente jogo no lixo doméstico, apesar de saber que está errado. Tenho conhecimento dos riscos e de que não devem ser jogadas no lixo comum, mas não encontrei outra saída. Armazeno em um recipiente, para mais tarde enviar ao fabricante, ou guardo em casa em uma gaveta, numa caixa, no armário, à espera de uma solução, pois sei que não podem ir para o lixo. Vou acumulando, mas às vezes

começam a vazar e então joga fora, tudo de uma vez, pois não sei onde levar, mas acho errado.”

Pode-se observar que, embora haja alguma conscientização do problema por uma parcela da população, as pessoas acabam descartando suas pilhas e baterias juntamente com o resíduo comum por falta de opção. Muitas vezes vão acumulando os resíduos em suas casas e até tentam encontrar uma solução. Mas apesar da boa vontade, terminam por desistir e desfazem-se das pilhas e baterias usadas, de uma só vez.

DSC – A-2.2. (S₄) – *“Dou o destino adequado.”*

Idéia Central: Dá um destino adequado, às suas pilhas e baterias usadas.

“Dou o destino adequado. Encaminho ao local onde comprei ou a um centro de coleta, porque não podem ser jogadas no lixo comum.”

Uma parcela dos consumidores afirma *“dar o destino adequado”*, geralmente encaminhando o material ao local onde comprou. Porém, não foram especificados os tipos de pilhas e baterias para os quais esses procedimentos são efetuados.

DSC – A-2.3. (S₅) – *“As baterias de celular eu devolvo às lojas. O resto joga fora.”*

Idéia Central: Dá o destino adequado, quando conhece o procedimento correto. Quando não tem outra opção, descarta junto com o lixo comum.

“As baterias de celular eu devolvo às lojas. As de carro eu vendo. O resto, joga no lixo ou mando para a reciclagem. Tentei devolver aos locais que vendem os produtos, mas não aceitaram”.

Parte da população demonstra ter consciência do problema e mostra-se disposta a colaborar. Quando conhece o procedimento, tenta agir da maneira correta,

como no caso da devolução das baterias de telefone celular. Quando não encontra alternativa, descarta suas pilhas e baterias junto com o resíduo comum.

A-3. A melhor maneira de divulgar os procedimentos corretos para o descarte de pilhas e baterias usadas.

Quadro A-3. Expressões chave e idéias centrais referentes à questão A-3:

Na sua opinião, qual a melhor maneira de divulgar o que deve ser feito com as pilhas e baterias usadas?

SUJEITO	EXPRESSÃO CHAVE	IDÉIA CENTRAL
S ₁ (41 pessoas)	<i>Propaganda mais eficiente. Campanhas Publicitárias em Meios de Comunicação de Massa, outdoors, cartazes nos locais de entrega, folhetos explicativos, eventos para coleta de pilhas e baterias, cartazes nos locais de grande movimentação, divulgação em massa em escolas, universidades, empresas e em todos os meios de comunicação. Mídia direta e indireta.</i>	Propaganda Mais eficiente, divulgação em massa, em todos os meios de comunicação.
S ₂ (5 pessoas)	<i>Folhetos explicativos, reportagens institucionais, além de campanhas na TV, voltadas para as donas de casa. Trazer na embalagem, de modo bem chamativo, o procedimento para o descarte do material. Informação na embalagem e nos pontos de venda.</i>	Necessidade de informação à população.
S ₃ (7 pessoas)	<i>Mostrando as conseqüências de um ato que não pode ser feito. Expor os problemas que o produto pode causar à saúde e à natureza. Campanhas de informação e de conscientização das pessoas. Cartazes informativos e visitas de fiscais de saúde esclarecendo dúvidas sobre o assunto. Palestras sobre o que se deve fazer. Incentivo à reciclagem.</i>	Necessidade de informação e conscientização da população.
S ₄ (3 pessoas)	<i>Implantação e divulgação de mais “lixos especializados”, já que há poucos. Locais adequados e campanhas de informação à população, através dos meios de comunicação. Facilitar o acesso aos locais de coleta (metro, shopping centers, correios, casas lotéricas etc.).</i>	Necessidade de implantação e divulgação de postos de coleta de fácil acesso.
S ₅ (3 pessoas)	<i>Campanhas publicitárias em TV, supermercados etc., oferecendo descontos em pontos de venda e troca.</i>	Incentivo à devolução, através de descontos.

DSC – A-3.1. (S₁, S₂, S₃) - *“Propaganda mais eficiente através dos meios de comunicação de massa e divulgação em locais públicos”*.

Idéia Central: Necessidade de informação, divulgação e conscientização da população.

“Em primeiro lugar, deveria haver campanhas de informação e conscientização da população, expondo os problemas que as pilhas e baterias podem causar à saúde e também as conseqüências de um ato que não pode ser feito, incentivando a coleta seletiva para a reciclagem. Deveriam enviar também agentes de saúde para esclarecer as dúvidas sobre o assunto. Seria necessária uma ampla divulgação dos postos de coleta e dos procedimentos corretos para o descarte desse material...”

As campanhas deveriam ser feitas através de anúncios em TV, Rádio, Imprensa, enfim, em todos os meios de comunicação de massa. Também campanhas publicitárias em outdoors, cartazes nos locais de entrega e em locais de grande movimentação, como metrô, correio, supermercados e pontos de venda em geral. Além da mídia direta e indireta, poderiam ser promovidos eventos para coleta de pilhas e baterias, shows e competições esportivas, destinando a renda a instituições de caridade e incentivando a reciclagem. Poderiam fazer palestras, folhetos explicativos, reportagens institucionais, divulgação em escolas, universidades, empresas etc. Enfim, o que existe é a necessidade de divulgação com propaganda mais eficiente, para que as pessoas tomem conhecimento do problema...”

Outro ponto de grande importância seria o produto trazer na embalagem, de modo claro e bem chamativo, o procedimento para o descarte do material. Seria necessário divulgar as informações na embalagem e nos pontos de venda. E também informar e orientar os donos das lojas a receberem as pilhas e baterias usadas de volta, para encaminhá-las aos fornecedores”.

Nesta questão evidencia-se a falta de informação à população, a necessidade de conscientização das pessoas quanto aos riscos do descarte inadequado das pilhas e baterias usadas, assim como a falta de divulgação dos procedimentos corretos de descarte e dos postos de coleta existentes. Quanto à melhor maneira de se divulgar o que deve ser feito com as pilhas e baterias usadas, a opinião dos entrevistados é praticamente unânime, de que seria por campanhas de propaganda mais eficientes.

DSC – A-3.2. (S₄) - “Facilitar o acesso aos locais de coleta.”

Idéia Central: Implantação e divulgação de postos de coleta de fácil acesso.

“Implantação e divulgação de mais postos de coleta, já que há poucos. Deveria haver locais adequados para o descarte desses produtos e campanhas de informação à população através dos meios de comunicação. Seria necessário facilitar o acesso aos postos de coleta, em locais de grande movimento de público.”

Neste ponto observa-se que, além da falta de informação sobre os riscos à saúde e ao ambiente, causados pelo descarte inadequado das pilhas e baterias usadas, a população sente a necessidade de implantação e ampla divulgação de postos de coleta de fácil acesso, e dos procedimentos corretos para o descarte desse material.

DSC – A-3.3. (S₅) - “Descontos em postos de troca.”

Idéia Central: Incentivo à devolução nos pontos de venda, oferecendo descontos.

“Campanhas publicitárias em TV e divulgação através de cartazes nos supermercados e pontos de venda, oferecendo um tipo de desconto na troca de pilhas e baterias usadas por novas.”

Aqui o discurso aponta para a relevância da questão econômica para a população. Algum tipo de desconto ou bônus na compra de pilhas e baterias novas incentivaria a devolução das usadas nos pontos de venda e troca.

A-4. Funcionamento de um sistema eficiente de coleta de pilhas e baterias usadas.

Quadro A- 4. Expressões chave e idéias centrais referentes à questão A-4:

Como poderia funcionar um sistema de coleta seletiva de pilhas e baterias, de maneira eficiente?

SUJEITO	EXPRESSÃO CHAVE	IDÉIA CENTRAL
S ₁ (22 pessoas)	<i>Postos de coleta bem divulgados e sinalizados, em locais públicos de grande movimento e fácil acesso, como shopping centers, correios, casas lotéricas, pontos de venda, escolas etc., com recipientes apropriados para a coleta. Cada bairro deveria ter local próprio para receber as baterias usadas.</i>	Divulgação e facilidade de acesso aos postos de coleta.
S ₂ (6 pessoas)	<i>Nos próprios pontos de venda, dando um tipo de desconto ou bônus para quem vai comprar novas, como nos cascos de bebidas, cupons em mala direta, ou trocando grandes quantidades de usadas por novas.</i>	Incentivo econômico para devolução de usadas.
S ₃ (11 pessoas)	<i>Juntamente com a coleta para reciclagem, como para outros tipos de lixo reciclável, separadas do lixo doméstico. Poderia ser como o lixo hospitalar.</i>	Similar a de outros resíduos recicláveis.
S ₄ (15 pessoas)	<i>Educar a população nesse sentido seria o primeiro passo. Conscientizar e depois facilitar o acesso e divulgar os postos de coleta. Campanhas de orientação e de incentivo para separar e levar os resíduos aos locais determinados. Primeiro deve haver divulgação, pois a maioria da população não tem conhecimento. Informar os revendedores e orientá-los a receber o material e encaminhá-los para os fornecedores, que deverão dar destino adequado ao material.</i>	Conscientização da população e orientação aos revendedores.
S ₅ (4 pessoas)	<i>Ação conjugada entre governo e empresas, além de participação da população através de associações de moradores, condomínios etc. No início, deveria ser feita a coleta em domicílio, até alcançar um alto nível de conscientização e, posteriormente, através de postos espalhados nos bairros. Órgãos públicos deveriam formular campanhas de coleta de pilhas e baterias como para outros tipos de recicláveis. A própria indústria deveria apresentar algo nesse sentido. Todos têm que fazer sua parte. As pessoas recolhendo, pode ser que sirva para alguma coisa. A renda poderia ser destinada a instituições de caridade, para incentivar a população a reciclar.</i>	Ação conjunta do governo e da iniciativa privada, com participação da população.

DSC – A-4.1. (S₁, S₂, S₄) - *“Postos de coleta bem divulgados e de fácil acesso à população. Informação, orientação, conscientização e incentivo à população para a devolução.”*

Idéia Central: Divulgação e facilidade de acesso aos postos de coleta. Incentivo econômico para devolução de pilhas e baterias usadas. Conscientização da população e orientação aos revendedores.

“Acredito ser complicado, pois não temos eficiência nem na coleta seletiva de lixo normal. A educação do povo, nesse sentido, seria o primeiro passo. Se todas as pessoas já estivessem cientes do que deve ser feito com as pilhas e baterias usadas (não jogar no lixo comum, apesar de que a maioria faz assim) e se fossem criados “depósitos específicos” onde pudessem ser descartadas, com certeza todos respeitariam. Sseria então, um método eficiente de coleta. Mas, primeiramente, deve haver ampla divulgação, pois a maioria das pessoas não tem conhecimento do problema...”

Campanhas de orientação e de incentivo às pessoas para separarem e levarem os resíduos aos locais determinados. E também informar os revendedores e orientá-los a receber o material, para encaminhá-los de volta aos fornecedores, que deverão dar destino adequado às pilhas e baterias usadas. Acho que poderia funcionar com divulgação por meio de cartazes nos próprios pontos de venda, dando um tipo de desconto ou bônus para quem vai comprar novas e devolver as usadas, como nos cascos de bebidas, ou cupons em mala direta, ou trocando grandes quantidades de usadas por novas. Desconto sempre funciona...”

Uma vez ouvi dizer que deveriam ser entregues no correio, mas quando fui levar as baterias disseram que não estavam recolhendo. Não basta só o correio. Deveria haver postos de coleta bem divulgados e sinalizados, em locais de grande movimento como shopping centers, supermercados, correios, lotéricas, bancas de jornal, pontos de venda, escolas e outros locais públicos com recipientes apropriados para a coleta. Cada bairro deveria ter um local próprio para levar as pilhas e baterias usadas...”

Acho, também, que poderia haver uma separação igual à dos outros recicláveis, porém com mais pontos de coleta, pois o volume de pilhas e baterias aumenta cada vez mais. Primeiro é necessário educar a população, informar, conscientizar e depois facilitar o acesso aos locais apropriados para a devolução, fazendo com que a pessoa que for levar as pilhas e baterias não mude sua rotina.”

Os resultados da análise do DSC para esta questão apontam para as mesmas dificuldades referidas na questão anterior e indicam a necessidade da implementação de, praticamente, as mesmas medidas sugeridas para a divulgação da legislação. Na opinião dos entrevistados, a educação da população seria o primeiro passo. A grande maioria das pessoas não tem conhecimento do problema. A conscientização da comunidade, adquirida através de campanhas de divulgação e informação, em meios de comunicação de massa, além de incentivo econômico, seria um grande impulso para a adesão ao processo de coleta seletiva.

DSC – A-4.2. (S₃) - *“Como para outros tipos de materiais recicláveis, separadas do lixo doméstico.”*

Idéia Central: Estrutura de coleta similar a de outros resíduos recicláveis.

“Poderia funcionar da mesma maneira que a coleta de lixo normal, porém sendo específica para pilhas e baterias. Que fosse em um determinado dia do mês, ou a cada dois meses, ou até mais. Deveriam ser coletadas em sacos de lixo diferenciados, por exemplo, de cor vermelha, para identificar material tóxico. Outra maneira, seria juntamente com a coleta para reciclagem, como para outros tipos de lixo reciclável, separadas do lixo doméstico. Existe coleta de plástico, vidro, papel, metal, por que não poderia ser igual? Poderia, também, ser feita uma coleta seletiva como para o lixo hospitalar, para os estabelecimentos comerciais.”

Aqui se sugere uma coleta separada do resíduo comum, em sistema similar ao de coleta para outros tipos de resíduos recicláveis, com recipientes especiais espalhados pela cidade. Uma alternativa seria a coleta a domicílio, em datas

previamente estabelecidas, sendo o material colocado separadamente do lixo comum, em sacos padronizados, com indicação de seu conteúdo. Ou poderia funcionar como o sistema de coleta de resíduos de saúde, para os estabelecimentos comerciais.

DSC – A-4.3. (S₅) - “Todos têm que fazer sua parte.”

Idéia Central: Ação conjunta do governo e da iniciativa privada, com participação da população.

“Inicialmente, deveria ser desenvolvida uma campanha em conjunto, da prefeitura com os fornecedores, para incentivar as pessoas a separar as pilhas e baterias usadas em suas casas e levar aos locais determinados pela campanha. Uma ação conjugada entre o governo e estabelecimentos privados, além de participação da população, por ex., através de associações de moradores, condomínios etc...”

Órgãos públicos deveriam promover campanhas de coleta de pilhas e baterias, como para outros tipos de lixo e outras campanhas. A própria indústria deveria apresentar algo nesse sentido. Todo fabricante deveria cuidar do lixo que produz e os comerciantes também. Todos têm que fazer sua parte...”

Todos sabem que bateria de celular no lixo é nociva à saúde e ao meio ambiente. Deveriam ser feitas campanhas na TV, em canais populares, relacionando os outros tipos de pilhas e baterias com esse material. No início deveria ser feita uma coleta a domicílio, até alcançar um alto nível de conscientização e, depois, através de postos espalhados nos bairros. As pessoas recolhendo, poderia servir para alguma coisa. Poderiam ser promovidos eventos abertos, assim como os de coleta de alimentos, roupas etc. A renda poderia ser destinada a instituições de caridade, incentivando a população a reciclar”.

Finalmente, fica registrada aqui, a importância da participação de todos os setores da sociedade, em uma ação conjunta para um gerenciamento eficiente desses resíduos.

- **Grupo B: O SETOR VAREJISTA**

B - 1: Conhecimento da legislação por parte do setor varejista

Quadro B-1. Expressões chave e idéias centrais referentes à questão B-1:

Você conhece a lei sobre pilhas e baterias?

SUJEITO	EXPRESSÃO CHAVE	IDÉIA CENTRAL
S ₁ (7 pessoas)	<i>Não.</i>	Total desconhecimento.
S ₂ (4 pessoas)	<i>Sei que existe, mas não sei o que essa lei diz.</i>	Conhecimento da existência, mas não do conteúdo.
S ₃ (1 pessoa)	<i>Sim. Essa lei é para inglês ver. Não adianta lei, se ninguém conhece, ninguém sabe que existe. A lei foi mal feita. Não há fiscalização. E precisa ter estrutura de coleta, também.</i>	Conhecimento. A legislação foi mal feita e não funciona. Não há fiscalização nem estrutura de coleta.

Na segunda etapa da pesquisa, procurou-se avaliar a aplicabilidade da legislação sobre pilhas e baterias vigente no Brasil, junto ao setor varejista, na cidade de São Paulo. Quando se perguntou se conheciam a Lei sobre Pilhas e Baterias, a maioria demonstrou total desconhecimento da legislação em questão e, apenas uma pequena parte afirmou ter conhecimento da existência da mesma, mas não de seu conteúdo. O único entrevistado que conhecia a legislação e seu conteúdo, responsável pelo estabelecimento especializado exclusivamente no comércio de pilhas e baterias, deu o seguinte depoimento:

DSC – B-1. - *“Sim, conheço a lei. A legislação foi mal feita e não funciona.”*

Idéia Central: A legislação, como está, não funciona. Falta: fiscalização, estrutura de coleta, e participação de todos os envolvidos. Todos os fornecedores deveriam receber todos os tipos de pilhas e baterias.

“Sim, conheço a lei. Essa lei é para inglês ver. Eu só a conheço porque saiu publicada em uma revista, na qual saiu também, uma reportagem sobre a minha loja, quase três anos atrás. Nunca houve nenhuma informação oficial, nenhuma divulgação e nenhuma fiscalização dessa lei. Não adianta lei, se ninguém conhece, ninguém sabe que existe. No Brasil, a lei só é cumprida na base da força, ou seja, da fiscalização e da multa, como aconteceu no caso do cinto de segurança. O que precisa é educar a população, conscientizar as pessoas...”

Precisa ter estrutura de coleta também, senão não adianta. A única estrutura de coleta que existe é para baterias de celular. E as outras? E cada fabricante recebe somente as baterias de celular com sua marca. Mas existem muitas baterias que estão no mercado e não têm nem marca, ou que não têm fabricantes nem representantes no Brasil. Quais seriam os responsáveis por essas baterias? A Bell South, por exemplo, não tem fábrica no Brasil e vende muito telefone sem fio, com bateria de níquel-cádmio, ou de chumbo. As baterias já vêm dentro do telefone e às vezes nem marca têm...

A legislação foi mal feita e, do jeito que está, não funciona. Todos os fornecedores deveriam ser obrigados a receber as baterias, de qualquer tipo e de qualquer marca, e a enviá-las para um centro de reciclagem em comum. Deveria haver incentivos fiscais para a divulgação e reciclagem. O governo tem que fazer sua parte e todo mundo tem que fazer sua parte.”

Aqui o sujeito demonstrou conhecimento da existência e do conteúdo da legislação brasileira sobre o tema, grande consciência do problema e fez severas críticas, quanto à forma como essa questão vem sendo conduzida. Demonstrou, também, possuir uma visão prática e funcional de como operacionalizar um sistema eficiente de gerenciamento desses resíduos especiais dentro do contexto da realidade do nosso mercado. Finalizando, expressou sua opinião sobre a importância da participação de todos os setores envolvidos, para que o sistema funcione.

B - 2: Devolução das pilhas e baterias usadas nas lojas

Quadro B-2. Expressões chave e idéias centrais referentes à questão B-2:

Os seus clientes costumam devolver as pilhas e baterias usadas à sua loja?

SUJEITO	EXPRESSÃO CHAVE	IDÉIA CENTRAL
S ₁ (6 pessoas)	<i>Não. Não recebemos, por motivo de não ter local certo para encaminhá-las.</i>	Não recebem.
S ₂ (1 pessoa)	<i>Não sei. Mas se devolvessem e tivesse que mandar para algum lugar, isso teria um custo e então eu saberia.</i>	Não sabe.
S ₃ (3 pessoas)	<i>Muito poucos. 0,1% dos clientes devolve.</i>	Muito poucos.
S ₄ (2 pessoas)	<i>Sim. 20% dos clientes devolvem.</i>	Sim.

DSC -B-2.1. (S₁, S₂) - “Não.”

Idéia Central: Não recebe.

“Não. Não recebemos, por não haver um local certo para encaminhá-las. Na verdade, não sei, pois temos outras lojas e quem cuida dessa parte é meu gerente. Eu cuido mais da parte financeira. Mas se os clientes devolvessem, provavelmente eu saberia pois, se fosse para enviar a algum lugar, haveria um custo”.

Nesta questão, pode-se observar a falta de informação aliada à falta de estrutura de coleta em locais chave.

DSC -B-2.2. (S₃, S₄) - “Sim.”

Idéia Central: Recebe.

“Sim. Mas são muito poucos. Creio que no máximo 0,1% devolve. Já nos estabelecimentos especializados em telefonia, calculo que a devolução chegue a

20%. *Quando devolvem, recebemos e armazenamos, até aparecer uma solução. Às vezes, o fornecedor recebe de volta. Mas não existe nenhum tipo de estrutura ou rotina para isso.*”

Aqui, fica evidenciada a boa vontade do revendedor, apesar de persistir o problema da falta de estrutura de coleta. Pode-se verificar que, a maioria dos estabelecimentos não recebe os produtos usados, por não haver um local definido para encaminhá-los. Alguns responderam que muito poucos clientes devolviam e que, nesse caso, armazenavam o material à espera de uma solução. Mas, de acordo com estes últimos, embora alguns fornecedores recebam de volta, não existe nenhum tipo de estrutura ou rotina para a coleta desses resíduos.

B - 3: Destino dado pelos revendedores às suas pilhas e baterias usadas

Quadro B-3. Expressões chave e idéias centrais referentes à questão B-3:

O que o (a) senhor(a) faz com as suas pilhas e baterias usadas?

SUJEITO	EXPRESSÃO CHAVE	IDÉIA CENTRAL
S₁ (7 pessoas)	<i>Não recebemos de clientes e as nossas, jogamos no lixo. Não há nenhum tipo de informação, fiscalização ou estrutura de coleta. Acho que devia haver informação aos revendedores e à população. Chamamos a prefeitura, mas ainda não vieram. Os fornecedores não recolhem. A obrigação seria da prefeitura. A gente guarda, mas um dia acaba indo tudo para o lixo.</i>	Joga no lixo. Responsabilidade da prefeitura.
S₂ (3 pessoas)	<i>As que eu considero comuns vão ao lixo comum. As que forem de meu conhecimento não serem comuns, guardo-as e retorno aos fornecedores, quando vêm visitá-los. (Sei que isto não é comum). Os fabricantes deviam informar aos revendedores sobre o que fazer e quais os riscos de se jogar as pilhas e baterias no lixo. Sou contra jogar qualquer tipo no lixo comum. Há um posto de coleta, aqui na galeria, mas existem muito poucos.</i>	Retorna ao fornecedor. Responsabilidade do fabricante.
S₃ (2 pessoas)	<i>Fazemos doação a um senhor que vem buscar as de Ni-Cd, Ni-MH e Pb, que vende para a reciclagem. Não há nenhuma coleta especial.</i>	Doação. Reciclagem.

DSC – B-3.1. (S₁) - *“Não recebemos as dos clientes e as nossas jogamos no lixo.”*

Idéia Central: Joga no lixo. Responsabilidade da Prefeitura.

“Não recebemos de clientes e as nossas jogamos no lixo. Não há nenhum tipo de informação, fiscalização ou estrutura de coleta. Acho que deveria haver informação aos revendedores e à população. Chamamos a prefeitura, mas ainda não vieram. Os fornecedores não recolhem. A obrigação seria da prefeitura. A gente guarda, mas um dia acaba indo tudo para o lixo.”

A esta questão, a maioria respondeu que não recebe as dos clientes e joga suas próprias pilhas e baterias no lixo, pois não há nenhum tipo de informação ou fiscalização nesse sentido, ou alguma estrutura de coleta desse material. Alguns são da opinião de que a obrigação de coleta seria da prefeitura, mas isso não ocorre. Observa-se que, apesar da consciência do revendedor, os resíduos continuam sendo descartados no lixo comum, por falta de informação e, principalmente, por falta de opção.

DSC – B-3.2 (S₂) - *“Retorno aos fornecedores, quando vêm nos visitar”.*

Idéia Central: Retorna ao fornecedor. Responsabilidade do fabricante.

“As que eu considero comuns vão ao lixo, também comum. Outras, as que forem de conhecimento não serem comuns, guardo-as e retorno aos fornecedores, quando esses vêm nos visitar (sei que isto não é comum). Os fabricantes deviam informar aos revendedores, sobre o que fazer e quais os riscos de se jogar as pilhas e baterias no lixo. Sou contra jogar qualquer tipo, no lixo comum. Há um posto de coleta, aqui na galeria, mas existem muito poucos”

Aqui, além da consciência do revendedor, identifica-se uma crítica à estrutura de coleta e à falta de informação à população e aos próprios revendedores. Alguns revendedores são de opinião que a responsabilidade é dos fabricantes e dizem retornar suas pilhas e baterias aos fornecedores, quando seus representantes vêm

visitá-los. São contra descartar qualquer tipo de pilha e bateria junto com o resíduo comum e consideram que os fabricantes deveriam informar aos revendedores sobre os procedimentos corretos e quais os riscos do descarte inadequado desse material

DSC – B-3.3. (S₃) - “Fazemos doação.”

Idéia Central: Doação. Reciclagem.

“Fazemos doação a um senhor que vem buscar as de Ni-Cd, Ni-MH e Pb, o qual vende para a reciclagem. Não há nenhuma coleta especial...”

Registrou-se ainda, nesta etapa, uma informação de caráter um tanto dúbio, na qual se afirma que as pilhas e baterias de Ni-Cd, Ni-MH e chumbo são doadas a uma certa pessoa, que as vende para reciclagem. Percebe-se aqui uma aparente hesitação do sujeito em dar maiores explicações sobre o destino de suas pilhas e baterias usadas, recusando-se a revelar outros detalhes da operação.

- **Grupo C: OS FORNECEDORES**

Grupo composto por grandes fornecedores (fabricantes e importadores) de telefones celulares (anexo):

Quadro C – 1: apresenta as informações obtidas junto ao Serviço de Atendimento ao Consumidor – SAC, referentes à questão da coleta e destino das baterias usadas.

Quadro C – 1. Informações obtidas junto aos Fornecedores.

FORNECEDOR	INFORMAÇÃO OBTIDA
SONY-ERICSSON	Não sabe informar quantos postos de coleta possuem. Só recolhem baterias de celular de sua marca (Mandam para aterro. Não sabem informar o destino exato.)
GRADIENTE	Recolhe baterias de celular de qualquer tipo, somente com sua marca, em um endereço específico, na cidade de São Paulo (não sabe informar o destino exato das baterias recolhidas).
MOTOROLA	Recolhe baterias de celular em assistência técnica autorizada da marca, somente de sua marca (manda reciclar na França).
NOKIA	O cliente tem que entregar em postos de coleta <i>BCP</i> ou <i>Telesp Celular</i> (autorizadas). Somente baterias de celular de sua marca. Não sabe informar o destino das baterias recolhidas.
PHILIPS-WALITA	Assistência técnica e <i>Telesp Celular</i> (somente baterias de celular da <i>Philips</i>). Não sabe informar o destino das baterias recolhidas.
SAMSUNG	Recolhe somente da <i>Samsung</i> , baterias de celular. Um posto de coleta em endereço específico, na cidade de São Paulo.
SONY	Recebem as baterias de celular da <i>Sony</i> em qualquer loja autorizada. Informaram que as baterias de celular recolhidas, com sua marca, são encaminhadas para aterro industrial em São Paulo.
PANASONIC	Recebem as baterias de celular e as incluídas na legislação que, após uso, deverão ser devolvidas à rede de assistência técnica ou revendedores <i>Panasonic</i> para serem encaminhadas, posteriormente, à <i>Panasonic do Brasil Ltda.</i> , que dará o destino adequado.

Nesta etapa, procurou-se conhecer o teor da informação transmitida ao

consumidor, quando este procura orientação junto ao fabricante. Nas informações obtidas por contato telefônico da pesquisadora com cada um dos grandes fornecedores de telefones celulares selecionados, através de seus respectivos serviços de atendimento ao consumidor (SAC), observou-se um despreparo geral dos operadores de *telemarketing* para executar a tarefa.

Com exceção da *SONY* e da *PANASONIC*, que encaminharam a questão aos seus departamentos de meio ambiente, as respostas foram bastante precárias, quando se perguntou qual o destino dado às baterias coletadas. O SAC da *MOTOROLA* informou que enviam o material para ser reciclado na França. O SAC do consórcio *SONY-ERICSSON* informou que não sabe quantos postos de coleta possuem e que enviam as baterias coletadas para aterro, embora não saibam o destino exato. Os demais informantes desconheciam totalmente o assunto e não foram capazes de informar nada com respeito à questão. O SAC da *GRADIENTE* informou que o cliente deve levar suas baterias usadas a um único endereço, específico para a cidade de São Paulo, o que não coincide com o anúncio publicitário, pouco divulgado na imprensa, de que o consumidor pode retirar um envelope padronizado em qualquer loja ou serviço autorizado e enviar suas baterias, através das agências dos Correios, com porte pago pela empresa.

Observou-se, também, que o sistema de coleta varia de um fornecedor para outro. Os fornecedores foram unânimes em informar que somente recebem as baterias de celular de sua marca. O consórcio *PHILIPS-WALITA* recebe apenas as baterias de celular da *PHILIPS*, uma vez que a *WALITA* não fabrica esse tipo de equipamento. Houve unanimidade quanto ao fato de que cada um recebe apenas as baterias de celular de sua marca, as quais deverão ser encaminhadas aos respectivos postos de coleta. Os outros tipos de pilhas e baterias não são coletados por nenhum dos fornecedores. A única exceção foi a *PANASONIC*, a qual informou que além das baterias de celular, recebe também as outras pilhas e baterias incluídas na legislação (somente as de sua marca).

• **Grupo D: OS ESPECIALISTAS**

Nesta última etapa da pesquisa, com o objetivo de completar a triangulação de informações proposta, procurou-se conhecer a opinião de especialistas no tema, pertencentes aos diversos setores envolvidos na questão: academia, órgãos governamentais, setor produtivo, meio de comunicação, entidades de classe, políticos e ambientalistas, abordando-se duas questões principais:

Questão D. O senhor conhece a Legislação sobre Pilhas e Baterias vigente no Brasil? Em caso afirmativo, favor responder às seguintes questões:

Quadro D. (a) - 1: Expressões chave e idéias centrais referentes à questão D. (a):

a) Qual sua opinião sobre a eficácia dessa legislação quanto à sua aplicabilidade?

SUJEITO	EXPRESSÃO CHAVE	IDÉIA CENTRAL
S ₁	<i>É difícil apelar simplesmente para a “consciência ambiental” das pessoas, quando a ação representa um custo ou um incômodo a mais para elas. Além disso, faltam informações básicas na embalagem, para o consumidor comum. Dar um incentivo econômico poderia ser vital para se obter altas porcentagens de retorno na coleta. Poderia ser na forma de desconto, na próxima compra de pilhas e baterias novas, quando fossem devolvidas as usadas. Esta lei representa um avanço sumamente importante para regulamentar os tipos de pilhas e baterias comercializadas no país. Mas uma lei, por si só, não basta. Além de incentivos indiretos ou econômicos e divulgação, há necessidade de sistema de coleta eficiente, informação e educação da população.</i>	<p>Incentivo econômico.</p> <p>Avanço importante, mas uma lei, por si só, não basta para que o sistema funcione.</p> <p>Necessidade de educação e de informação à população.</p> <p>Faltam informações básicas na embalagem.</p>
S ₂	<i>Não creio que qualquer legislação possa ser eficaz simplesmente pelo fato de existir. Não funciona assim em nenhum lugar do mundo. É bem mais complexo do que isso. Sem a divulgação da legislação, sem informação e conscientização da população para o problema, sem uma estrutura eficiente de gerenciamento, com participação de todos os atores envolvidos e, principalmente, sem fiscalização, a lei nunca sairá do papel.</i>	<p>Necessidade de divulgação da lei, informação e conscientização da população e estrutura de gerenciamento com a participação de todos os envolvidos.</p>

S ₃	<p><i>Uma lei não pode ter aplicabilidade ou ser cumprida se não houver divulgação, informação e fiscalização. Essa legislação não foi divulgada à população, sendo conhecida somente por especialistas sobre o tema e pelos fabricantes do setor. A grande maioria das pessoas não tem conhecimento do problema. Falta, antes de tudo, comunicação. E um sistema de gerenciamento, para funcionar na prática tem que ter uma estrutura implementada.</i></p>	<p>Uma lei não pode funcionar ou ser cumprida se não houver divulgação, informação, conscientização e fiscalização. Falta de estrutura. Falta de comunicação</p>
S ₄	<p><i>A legislação diz que as baterias devem ser devolvidas pela população ao fabricante ou importador. Infelizmente não foram feitas campanhas de informação suficientes para que a população se conscientize do perigo de se jogar no lixo doméstico alguns tipos de baterias. Além disso, alguns eletrodomésticos têm baterias em seu interior, que um consumidor médio brasileiro não sabe que de que tipo é e, muito menos, se ela deve ou não ser devolvida. Portanto, acredito que a legislação brasileira sobre o descarte de pilhas e baterias ainda precisa ser aprimorada, talvez se utilizando o conceito do "poluidor-pagador", a cobrança de um depósito na compra da bateria, ou ainda algum outro método de coleta que pudesse ser eficiente para a realidade brasileira.</i></p>	<p>A legislação é um bom começo e não uma solução definitiva, precisa ser aprimorada. Determina que a responsabilidade de coleta é do fabricante e/ou importador. Mas não há informação suficiente à população. Falta incentivo à Reciclagem, Utilizar o Princípio do Poluidor-Pagador.</p>
S ₅	<p><i>Não só conheço a legislação sobre Pilhas e Baterias, como trabalhei ativamente na sua elaboração. Essa legislação foi elaborada em conjunto com os produtores e os órgãos ambientais estaduais e federais. (Ministério do Meio Ambiente/IBAMA). Quanto à aplicabilidade, procurou-se elaborar um texto que pudesse ser seguido e atendido pelas partes interessadas (produtores, distribuidores, comerciantes e consumidores), pois de maneira geral depende fortemente do engajamento desses atores, para a sua aplicabilidade.</i></p>	<p>Procurou-se elaborar um texto que pudesse ser seguido e atendido pelas partes interessadas</p>
S ₆	<p><i>Os fabricantes e importadores estão fazendo sua parte. É necessário que o Governo também faça sua parte. A legislação brasileira está entre as mais avançadas do mundo. Não creio que seja conveniente tentar modificá-la, pois seria comprar uma briga improdutiva com gente grande. Há um lobby muito forte defendendo esses interesses. Se se conseguir fazer cumprir a Legislação do jeito que está, já será uma grande contribuição e um progresso no gerenciamento dos resíduos sólidos.</i></p>	<p>A legislação está bem feita e os fabricantes estão fazendo sua parte. O Governo deveria também fazer a sua parte. Um lobby muito forte na defesa desses interesses</p>

S ₇	<p><i>Quanto à eficácia e aplicabilidade, elas dependem amplamente de uma campanha esclarecedora e motivadora junto à população, pois não temos o hábito de fazer uma coleta seletiva de lixo e nem se tem uma real noção do perigo que as baterias representam à saúde. Assim, ela tenderá a uma baixa resposta inicial, para depois melhorar a sua eficácia com o tempo.</i></p>	<p>A eficácia e a aplicabilidade dependem de esclarecimento e de motivação da população.</p>
S ₈	<p><i>Inicialmente gostaria de deixar claro um ponto de vista muito importante, de que não se trata de lei e sim de uma Resolução CONAMA. Há opinião de grandes juristas de que o CONAMA não possui competência legislativa para imputar responsabilidades a pessoas físicas ou jurídicas, salvo a hipótese de já existir uma lei que trate do tema. Há uma grande diferença no que tange a aplicação (Consultar juristas a respeito).</i></p> <p><i>A eficácia da Resolução está basicamente ligada à aplicação de dois fatores: disponibilização de recursos financeiros das empresas geradoras/ distribuidoras/importadoras e a fiscalização dos Órgãos Ambientais. Caso um dos fatores não seja aplicado, a Resolução será letra morta.</i></p> <p><i>Como esta Resolução foi amplamente discutida entre os setores envolvidos, seja do lado industrial (vide ABINEE), como pela sociedade civil (representada pelo CONAMA, ONG's e outros), acredito que todas as vertentes foram estudadas, tanto as de caráter positivo quanto negativo, no que se refere a sua aplicabilidade.</i></p>	<p>O CONAMA não possui competência legislativa.</p> <p>A eficácia da Resolução depende de recursos financeiros das empresas e fiscalização. O radicalismo de alguns setores da sociedade inviabiliza propostas importantes.</p> <p>Todos os aspectos, os de caráter positivo e negativo foram amplamente discutidos entre os setores envolvidos.</p>

DSC – D. (a) – 1: (S₁, S₂, S₃, S₄, S₇) - “A legislação é um bom começo e não uma solução definitiva. Uma lei, por si só, não basta para que o sistema funcione.”

Idéia Central: Uma lei não pode funcionar ou ser cumprida se não houver divulgação, informação, conscientização e fiscalização.

“Esta lei representa um avanço importante, para regulamentar os tipos de pilhas e baterias comercializadas no país. Mas, uma lei por si só, não basta. Não havendo divulgação dessa legislação, informação e conscientização da população para o problema, uma estrutura eficiente de coleta e gerenciamento, com participação de todos os envolvidos, e, principalmente, fiscalização, a lei nunca sairá do papel...”

Quanto à eficácia e aplicabilidade, dependem amplamente de uma campanha esclarecedora e motivadora junto à população brasileira, pois não temos o hábito de fazer uma coleta seletiva de lixo. Acho difícil apelar simplesmente para a consciência ambiental das pessoas, para que descartem corretamente apenas determinados tipos de baterias, pois além de faltarem informações básicas nas embalagens, isso poderia significar um custo, ou um incômodo a mais para elas. Além disso, alguns eletrodomésticos contêm baterias montadas fixas em seu interior, que um consumidor médio brasileiro não sabe de que tipo é e, muito menos, se deve ou não ser devolvida. Penso que um incentivo econômico seria vital, para se obter um bom retorno na coleta do material usado”.

Com referência a esta questão, na opinião deste grupo de especialistas, a legislação brasileira sobre pilhas e baterias representa um avanço importante, mas esta não é uma solução definitiva e necessita ser aprimorada. De acordo com os entrevistados, uma lei, por si só, não basta para que o sistema funcione. No que se refere à sua eficácia, mesmo se fazendo os ajustes necessários, a legislação não seria suficiente para assegurar o bom funcionamento do sistema. Para se obter resultados satisfatórios, as soluções deveriam ser baseadas na realidade do país, em sua cultura, em suas necessidades e suas deficiências. De nada adiantaria aperfeiçoar a referida legislação, se permanecessem os principais problemas apontados.

DSC – D. (a) - 2: (S₅, S₆, S₈) - *“Quanto à aplicabilidade, procurou-se elaborar um texto que pudesse ser seguido e atendido pelas partes interessadas. Se se conseguir fazer cumprir a legislação do jeito que está, já será uma grande contribuição e progresso, no gerenciamento dos resíduos sólidos.”*

Idéia Central: Procurou-se elaborar um texto que pudesse ser seguido e atendido pelas partes interessadas. A legislação está bem feita e os fabricantes estão fazendo sua parte. Todos devem fazer sua parte.

“Inicialmente gostaria de deixar claro um ponto de vista muito importante, de que não se trata de lei e sim de uma Resolução CONAMA. Há opinião de grandes juristas de que o CONAMA não possui competência legislativa, salvo a hipótese de

já existir uma lei que trate do tema. Esta Resolução foi amplamente discutida entre os setores envolvidos, tanto pelo setor industrial, como pela sociedade civil e todos os aspectos positivos e negativos foram estudados. A eficácia da Resolução depende da disponibilização de recursos financeiros das empresas e da fiscalização dos Órgãos Ambientais. Procurou-se elaborar um texto, que pudesse ser seguido e atendido pelas partes interessadas (produtores, distribuidores, comerciantes e consumidores), pois de maneira geral depende fortemente do engajamento desses atores, para a sua aplicabilidade. Os fabricantes e importadores estão fazendo sua parte. É necessário que o Governo também faça sua parte. A legislação brasileira está entre as mais avançadas do mundo. Não creio que seja conveniente tentar modificá-la, pois há um lobby muito forte defendendo esses interesses. Se se conseguir fazer cumprir a legislação do jeito que está, já será uma grande contribuição e progresso, no gerenciamento dos resíduos sólidos.”

Este grupo de especialistas acredita que, em função desta Resolução ter sido amplamente discutida entre os setores envolvidos, ou seja, o setor industrial e a sociedade civil todas os aspectos foram estudadas, no que se refere a sua aplicabilidade. É de consenso geral, que a eficácia da Resolução está basicamente ligada à aplicação de dois fatores: disponibilização de recursos financeiros das empresas e a fiscalização dos Órgãos Ambientais. Depende, também, fortemente do engajamento de todos os atores envolvidos. Caso um desses não seja aplicado, a eficácia da Resolução será nula. Não foram recomendadas modificações em seu texto, pois isso inviabilizaria seu cumprimento.

Quadro D. (b) - 1: Expressões chave e idéias centrais referentes à questão D. (b):

b) Qual sua opinião sobre o conteúdo dessa legislação, do ponto de vista de saúde pública e ambiental?

SUJEITO	EXPRESSÃO CHAVE	IDÉIA CENTRAL
S ₁	<p><i>Não sou especialista em impactos ambientais. A minha área de atuação abrange mais os processos de reciclagem das pilhas e baterias. O que posso dizer é que mais e mais países estão restringindo o descarte de pilhas e baterias no lixo doméstico e incentivando a reciclagem desses produtos. Há países em que todos os tipos de pilhas e baterias são coletados separadamente e dispostos ou tratados de maneira adequada. Uma sugestão seria acrescentar à legislação, um item que incentivasse a reciclagem de pilhas e baterias, para que os materiais existentes em sua composição possam ser recuperados e reutilizados, economizando recursos naturais. O Brasil foi o primeiro país da América do Sul a ter uma legislação sobre pilhas e baterias, isso é um bom começo, mas é simplesmente um começo, não uma solução definitiva e precisa ser aprimorada.</i></p>	<p>A legislação não uma é solução definitiva e precisa ser aprimorada.</p> <p>Determina que fabricantes ou importadores sejam responsáveis pela coleta, mas não há informação suficiente à população.</p> <p>Necessidade de incentivo à reciclagem.</p>
S ₂	<p><i>Do ponto de vista de saúde pública e ambiental, além das regulamentadas, pelo menos todas as pilhas e baterias recarregáveis e as do tipo botão, deveriam ser coletadas e tratadas separadamente. As baterias de Ni-MH, além do níquel (cancerígeno), podem conter outros metais extremamente tóxicos como o cromo, o antimônio e o lantânio entre outros. As composições das ligas de MH são inúmeras e nunca é divulgado seu conteúdo na embalagem. É uma espécie de segredo industrial. Cada fabricante possui o seu. Os sistemas de lítio também contêm substâncias tóxicas, como o cobalto e o LiPF₆ e deveriam ser coletadas e tratadas adequadamente.</i></p>	<p>Todas as baterias recarregáveis e do tipo botão deveriam ser coletadas e tratadas em separado.</p>
S ₃	<p><i>Para uma primeira vez, a lei possui um conteúdo razoável, mas carece de maior rigor quanto aos tipos de baterias nela regulamentadas. Nossa legislação permite que baterias contendo elementos tóxicos sejam descartadas juntamente com o resíduo sólido comum. Não explicita totalmente a relação entre os riscos à saúde pública e ambiental e o manuseio e descarte incorreto de pilhas e baterias. Um lobby muito forte dos fornecedores/fabricantes deve ter abrandado o rigor da lei brasileira. A lei precisa aumentar seu rigor quanto ao tratamento pós-venda de todos os tipos de pilhas e baterias. Nenhum tipo deve ir para o lixo comum, mesmo sendo isento de mercúrio, cádmio e chumbo. Deve-se estabelecer incentivos fiscais para favorecer a coleta seletiva e locais específicos (aterros especiais) para o destino desses materiais, enquanto não se desenvolve um sistema de reciclagem economicamente viável.</i></p>	<p>A lei é um passo inicial e possui um conteúdo razoável, mas carece de maior rigor quanto ao tratamento pós-venda, de todos os tipos de pilhas e baterias.</p> <p>Um lobby muito forte defendendo interesses dos fabricantes.</p> <p>Nenhum tipo de pilha ou bateria deve ir para o lixo.</p>

S ₄	<p><i>Surpreende-nos que a legislação brasileira seja tão generosa no que se refere às baterias contendo níquel, que é uma substância comprovadamente cancerígena e às de lítio, as quais contêm cobalto e outras substâncias tóxicas em seu sistema. Creio que a autorização para dispor esses produtos em aterro sanitário juntamente com o resíduo comum deveria ser revista.</i></p>	<p>A lei é muito generosa e deveria ser revista.</p>
S ₅	<p><i>A legislação foi elaborada considerando-se as legislações internacionais em vigor (principalmente as da União Européia e dos EUA), utilizando-se os valores permitidos para conteúdo de metais pesados nesses produtos e, às vezes, estabelecendo limites até inferiores. Essa é uma lei que possui um caráter de prevenção, uma vez que, não há estudos relacionando problemas ambientais, ou de saúde pública, com o descarte de pilhas e baterias sem controle, no meio ambiente.</i></p> <p><i>O que se sabe é que há na composição desses produtos algumas substâncias que são tóxicas (metais pesados) e que fazem com que esses produtos tenham um certo potencial poluidor. Entretanto, na maioria dos casos, as concentrações dessas substâncias tóxicas são muito pequenas e não são possíveis de serem eliminadas dos produtos.</i></p> <p><i>Por outro lado, se o descarte desses produtos forem efetuados de maneira correta, ou seja o sistema público de coleta encaminhar os resíduos para disposição final em instalações adequadas (aterros adequadamente projetados, construídos e operados), não haverá nenhum risco à saúde pública e ao meio ambiente. Não acredito que será possível alterar a atual legislação, sem incorrer no risco de se produzir um texto inviável de ser aplicado e integralmente cumprido.</i></p>	<p>A legislação foi elaborada com base nas legislações estrangeiras em vigor A lei possui caráter de prevenção.</p> <p>Procurou-se elaborar um texto que pudesse ser seguido e atendido pelas partes interessadas.</p> <p>Alterar a atual legislação pode torná-la inviável de ser aplicada e cumprido.</p>
S ₆	<p><i>A inclusão de outros tipos de pilhas e baterias na regulamentação tornaria o seu cumprimento inviável economicamente. O que deveria acontecer, seria uma maior participação do governo, com a elaboração de um sistema de coleta eficiente e uma maior conscientização da população, através de campanhas de informação.</i></p>	<p>A inclusão de outros tipos de baterias tornaria a legislação inviável de ser cumprida.</p>

<p>S₇</p>	<p><i>A legislação privilegia mais o aspecto econômico do que os sanitários e ambientais. A reciclagem desses produtos não é lucrativa em curto prazo e o programa de coleta não se sustenta por si só. Dessa maneira, cada fabricante procede da maneira que lhe é mais conveniente, apenas para cumprir a legislação. Nos países desenvolvidos, os produtores mantêm uma associação (sem fins lucrativos), que se responsabiliza pela coleta, tratamento e disposição final desses produtos, independente da marca ou do tipo.</i></p> <p><i>Do ponto de vista sanitário e ambiental, todos os tipos de pilhas e baterias deveriam ser coletados e tratados separadamente. Alguns tipos são menos tóxicos, mas o volume desses resíduos aumenta exponencialmente, o que faz com que todos os tipos acabem por causar danos ao ambiente e à saúde pública. As pilhas e baterias dispostas juntamente com o resíduo sólido comum, tendem a vazar e mesmo os elementos não tão tóxicos, irão reagir com outras substâncias presentes no ambiente, podendo produzir compostos altamente nocivos e mesmo letais.</i></p>	<p>A legislação privilegia o aspecto econômico, deixando em segundo plano os aspectos sanitários e ambientais.</p> <p>Necessidade de uma ação coordenada entre os produtores, para que todos os tipos de pilhas e baterias usadas possam ser coletados e ter destino adequado.</p>
<p>S₈</p>	<p><i>Em vista das discussões já efetuadas, acredito que se chegou a um consenso, onde não só a questão ambiental foi levada em consideração, como os aspectos financeiros para sua aplicação. Não adianta termos a Legislação mais rígida do mundo, se não temos onde buscar fontes financeiras para aplicá-la. No final das contas, o radicalismo de alguns setores da sociedade acaba por inviabilizar várias propostas extremamente importantes. O setor industrial vem trabalhando arduamente em pesquisa desenvolvimento, e já obtém resultados significativos, caso exemplificado pelas pilhas comuns e alcalinas, comercializadas pelas indústrias representadas pela ABINEE, já atendem os limites estabelecidos pelo CONAMA para 2001. Isto aconteceu graças ao investimento realizado pelas empresas que, desde a última década, desenvolveram pesquisas e tecnologia para controlar e reduzir o nível de poluentes desses produtos. O mesmo acontece com as pilhas e baterias especiais compostas pelos sistemas níquel-metal hidreto, íons de lítio, lítio e zinco-ar e também, as do tipo botão ou miniatura. Elas não produzem nenhum dano e também podem ser dispostas no lixo doméstico.</i></p> <p><i>Não há comentários sobre melhorias. Devo porém ressaltar que uma Política Nacional de Resíduos está em fase final de elaboração. Esta sim, uma lei (emanada da Câmara dos Deputados), que terá que ser seguida podendo mudar o cenário das Resoluções ora em voga.</i></p>	<p>O radicalismo de alguns setores da sociedade inviabiliza propostas importantes.</p> <p>As baterias de Ni-MH, Li-íon, lítio, Zn-ar e as do tipo botão, não produzem nenhum dano e podem ir para o lixo doméstico.</p> <p>A Política Nacional de Resíduos sólidos será uma lei que Terá de ser seguida e poderá mudar o cenário atual.</p>

DSC – D. (b) – 1: (S₁, S₂, S₃, S₄, S₇) - *“A lei precisa aumentar seu rigor, quanto ao tratamento pós-venda, para todos os tipos de pilhas e baterias. Do ponto de vista sanitário e ambiental, todos os tipos deveriam ser coletados e tratados separadamente”*.

Idéia Central: A legislação é um bom começo e não uma solução definitiva. A Legislação Brasileira sobre o tema precisa ser aprimorada. Todos os tipos de pilhas e baterias deveriam ser coletados e tratados adequadamente.

“Essa lei é um bom começo, mas não uma solução definitiva. Carece de maior rigor, com referência aos tipos de baterias regulamentadas e ao tratamento pós-venda, de todos os tipos de pilhas e baterias. Há países em que todos os tipos de pilhas e baterias são coletados separadamente e dispostos de maneira adequada. Creio que a autorização para dispor esses produtos em aterro sanitário, juntamente com o resíduo doméstico, deveria ser revista. Do ponto de vista sanitário e ambiental, todos os tipos de pilhas e baterias deveriam ser coletados e tratados separadamente. Alguns podem não ser tão tóxicos, mas o volume desses resíduos aumenta exponencialmente, o que faz com que todos os tipos acabem por causar danos ao ambiente e à saúde pública. Além do mais, as pilhas e baterias dispostas juntamente com o resíduo sólido comum, tendem a vazar e mesmo os elementos não tão tóxicos, componentes dos sistemas, irão reagir com outras substâncias presentes no ambiente, podendo produzir compostos altamente nocivos e mesmo letais. Nenhum tipo deve ir para o lixo comum, nem mesmo sendo isento de mercúrio, cádmio etc.

Penso que a legislação privilegia mais o aspecto econômico, do que os sanitários e ambientais. A reciclagem desses produtos não é lucrativa, em curto prazo e, o programa de coleta não se sustenta por si só. Dessa maneira, cada fabricante procede da maneira que lhe é mais conveniente, apenas para cumprir a legislação. Deve-se estabelecer incentivos fiscais para favorecer a coleta seletiva e, locais específicos (aterros especiais) para estes materiais devem ser implantados, enquanto não se desenvolve um sistema de reciclagem economicamente viável”.

Do ponto de vista de saúde pública e ambiental, para este grupo de especialistas, de um modo geral, a Legislação sobre Pilhas Baterias vigente no Brasil representa grande avanço, mas é apenas um bom começo, não uma solução definitiva, necessitando ser aprimorada. Outros tipos de pilhas e baterias deveriam ser incluídos na regulamentação.

DSC – D. (b) – 2: (S₅, S₆, S₈) - *“Essa é uma lei que possui um caráter de prevenção, uma vez que, não há estudos relacionando problemas ambientais ou de saúde pública, com o descarte sem controle de pilhas e baterias no meio ambiente. Procurou-se elaborar um texto que pudesse ser seguido e atendido pelas partes interessadas”.*

Idéia Central: Uma mudança na legislação a tornaria inviável de ser cumprida. Os fabricantes estão fazendo sua parte, o Governo deveria fazer a sua. A eficácia da Resolução depende de recursos financeiros das empresas e de fiscalização.

“Um ponto de vista muito importante, de que essa não se trata de lei e sim, de uma Resolução CONAMA. Há opinião de grandes juristas, de que o CONAMA não possui competência legislativa, salvo a hipótese de já existir uma lei que trate do tema. Essas resoluções foram elaboradas considerando-se outras legislações internacionais em vigor (EU e EUA) e possuem um caráter de prevenção, uma vez que não há estudos relacionando problemas ambientais ou de saúde pública, com o descarte de pilhas e baterias sem controle no meio ambiente. Se o descarte desses produtos forem efetuados de maneira correta, ou seja, se o sistema público de coleta encaminhar os resíduos para disposição final em instalações adequadas, não haverá nenhum risco à saúde pública e ao ambiente.

Não acredito que seja possível alterar a atual legislação, sem incorrer no risco de se produzir um texto inviável de ser aplicado e integralmente cumprido. A inclusão de outros tipos de pilhas e baterias na regulamentação tornaria o seu cumprimento inviável, economicamente. Deveria haver uma maior participação do governo, com a elaboração de um sistema de coleta eficiente, fiscalização efetiva e uma maior conscientização da população, através de campanhas de informação.

As pilhas comuns e alcalinas, comercializadas pelas indústrias representadas pela ABINEE, já atendem aos limites estabelecidos pelo CONAMA para 2001. O mesmo deverá ocorrer com as pilhas e baterias especiais, compostas pelos sistemas de Ni-MH, Li-íon, Lítio, Zn-ar e também, as do tipo botão e miniaturas. Elas não produzem nenhum dano e, também, podem ser dispostas no lixo doméstico. Não há comentários sobre melhorias. Devo porém ressaltar que, uma Política Nacional de Resíduos está em fase final de elaboração. Esta sim, será uma lei que terá de ser cumprida e que poderá mudar o cenário atual.

Aqui, ainda com referência à questão da legislação, do ponto de vista de saúde pública e ambiental, identifica-se um grupo de especialistas que, embora concorde com a necessidade de um programa eficiente de gerenciamento, não crê que seja necessária, ou conveniente, uma alteração na legislação, uma vez que essa é uma lei de caráter preventivo, não se tendo conhecimento de estudos relacionando problemas sanitários ou ambientais com o descarte sem controle de pilhas e baterias no meio ambiente. Uma legislação mais rigorosa tornaria inviável seu cumprimento. Foi afirmado também, que não se trata de uma lei, visto que o CONAMA não tem competência para legislar.

6. DISCUSSÃO

6.1. *Avaliação qualitativa da Legislação sobre Pilhas e Baterias vigente no Brasil, quanto a sua aplicabilidade*

Muito se tem discutido sobre a problemática do resíduo sólido urbano e sobre o gerenciamento de resíduos domiciliares em nossas comunidades. Muito se tem debatido sobre a legislação ambiental brasileira que, embora considerada por alguns como uma das mais modernas e completas do mundo, raramente consegue ser cumprida. Realidades que apresentam falta de gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, aliadas à falta de informação e de educação ambiental da população, evidenciam a necessidade de estudos em uma perspectiva global, compreendendo a dinâmica comum dos fatos sobre aspectos relevantes, uma vez que são muitas as variáveis conflitantes.

O tema proposto para este estudo surgiu da observação de que existe uma preocupação, geral e crescente, com o descarte das pilhas e baterias usadas nos resíduos urbanos. Por um lado o governo busca soluções para dar um destino final adequado a esses resíduos considerados especiais. Por outro, verifica-se um interesse cada vez maior em torno dessa questão, por parte da população, talvez estimulado pela mídia.

Pesquisando-se sobre o tema em países onde já existe uma política implementada de gestão dos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas, chega-se à conclusão de que nenhuma legislação, por mais completa que seja, resolve por si só o problema. É necessário que haja um programa de gerenciamento, em apoio à legislação, que viabilize a operacionalização e o cumprimento da mesma, além da participação ativa da comunidade e de todos os setores envolvidos.

Para avaliar a legislação sobre pilhas e baterias atualmente vigente no Brasil (Resoluções CONAMA nº 257/99 e nº 263/99) (anexos), quanto à sua aplicabilidade, foi feita uma análise dos resultados das entrevistas seguida de uma triangulação das informações obtidas na pesquisa de campo.

6.1.1. A legislação e a opinião da população consumidora

A análise qualitativa do *DSC*, referente à **questão do conhecimento da legislação por parte da população consumidora**, revela sua total ignorância, ou seu pouco conhecimento da existência e/ou do conteúdo da Legislação sobre Pilhas e Baterias, apesar de alguma demonstração de consciência ambiental sobre ao tema. Este fato demonstra que a simples existência de uma lei, independente de seu conteúdo, não é suficiente para que a mesma seja conhecida e, muito menos, cumprida. O primeiro passo para que isto aconteça é a divulgação da legislação junto à população em geral, para a qual, teoricamente, a mesma seria destinada. O que ocorre é exatamente o contrário. A legislação em questão é conhecida por poucos especialistas que, de alguma maneira, são relacionados ao tema. Neste caso, essa medida será improdutiva, se não for resolvido o problema do descarte das pilhas e baterias usadas juntamente com o resíduo domiciliar o que, aliás, ocorre em grandes quantidades.

Quanto à **questão do destino dado às pilhas e baterias usadas**, a análise indica que, apesar da total ignorância de alguns, muitos já adquiriram consciência ambiental do problema. Porém, mesmo sabendo não ser este o procedimento correto, acabam descartando o produto junto ao resíduo comum por falta de outra opção. Nesse caso, as conseqüências poderão ser ainda piores pois, muitas vezes, essas pessoas vão acumulando o material em suas casas, na espera de que surja uma solução. Como isso não acontece, apesar da boa vontade, terminam por desistir, desfazendo-se de tudo de uma só vez. Isso implica em descartar uma grande quantidade de resíduos tóxicos, ao mesmo tempo e no mesmo lugar, juntamente com o resíduo domiciliar, aumentando consideravelmente sua concentração poluidora.

Segundo normas de orientação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) não é conveniente acumular pilhas e baterias usadas em casa, principalmente, por quem tem criança. Depois de um determinado tempo elas tendem a vaziar e a prática comum de guardá-las em caixas de sapato ou outros recipientes é, portanto, um risco⁹⁸.

Uma parcela da população afirma “*dar o destino adequado*”, geralmente encaminhando o material ao local onde comprou. Porém, não se especificam os tipos de pilhas e baterias para os quais esses procedimentos são efetuados. Esse grupo mostra-se disposto a colaborar pois, quando há alternativa, tenta agir da maneira correta, como no caso da devolução das baterias de telefone celular. Houve relatos de casos, de tentativas de devolução de outros tipos de pilhas e baterias, que não obtiveram sucesso. Como não conhecem o conteúdo da lei e, nem todos os estabelecimentos que comercializam esses produtos os recebem de volta, quando usados, suspeita-se que, mesmo os indivíduos pertencentes a esse grupo, terminem por descartar grande parte desses resíduos juntamente com o lixo comum.

Quanto à melhor maneira de se divulgar o que deve ser feito com as pilhas e baterias usadas, a análise do *DSC* indica a óbvia necessidade de: informação, divulgação, e conscientização da população sobre o tema. É verdade que as resoluções do CONAMA em questão foram divulgadas em diversas publicações especializadas e o assunto, bastante discutido dentro dos setores envolvidos diretamente com o tema, principalmente no âmbito profissional, aliás, um grupo bem restrito. Mas, a existência, o conteúdo e, principalmente, a razão desta regulamentação, mereceram apenas umas poucas notas nos meios de comunicação de massa, na ocasião de sua publicação.

A palavra comunicação vem do latim *communis*, que significa comum. Em sua origem, a palavra era um substantivo de ação que significava “tornar comum a muitos, tornar conhecido”³². No Século XX, com o desenvolvimento tecnológico de novos meios de transmissão de bens e de informação, comunicação passou também a identificar os **media** – imprensa, cinema, rádio, televisão e outros. Apesar das diferentes transformações sofridas ao longo do tempo, comunicação carrega até os dias de hoje, uma ambigüidade não resolvida do seu significado original, como substantivo de ação. Essa ambigüidade é representada, em seus extremos, por **transmitir** – um processo unidirecional, e **compartilhar** – um processo mútuo, comum³². Na verdade, transmitir e compartilhar identificam pólos opostos de uma ação possível de comunicar. Para que se transmita algo, é necessário que se admita que esse algo possa ser apropriado e, em seguida, passado a outrem.

No caso estudado, a ação se dá em um só sentido. Quando se compartilha algo, ao contrário, o que ocorre é uma co-participação, uma comunhão, um encontro³². Como se vê, a própria ambiguidade original da palavra comunicação gera dois modelos excludentes, no plano teórico. Num, a comunicação é, por definição, manipulativa e dominadora (como é no caso da lei promulgada) e noutra, ela é co-participativa e interacional (como deveria ser, para possibilitar a aplicabilidade da lei).

Analisando-se a Resolução CONAMA 257/99, verifica-se, em seu Art.8º, a proibição das *formas de destinação final de pilhas e baterias usadas, de quaisquer tipo ou características*. No entanto, não são determinados os procedimentos a serem efetuados, quanto ao descarte adequado desse tipo de resíduo.

Pode-se observar que a população consumidora, além da informação sobre os riscos à saúde e ao ambiente pelo descarte inadequado das pilhas e baterias, sente a necessidade de implantação e ampla divulgação de postos de coleta de fácil acesso e dos procedimentos corretos para o descarte desse material. Seria necessário divulgar as informações na embalagem e nos pontos de venda. E, além disso, informar e orientar os donos dos estabelecimentos que comercializam esses produtos a recebê-los de volta quando usados e encaminhá-los aos fornecedores.

O Art.9º da mesma Resolução determina que *“No prazo de um ano a partir da data de vigência desta resolução, nas matérias publicitárias e nas embalagens ou produtos descritos no art.1º deverão constar, de forma visível, as advertências sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como, a necessidade de, após seu uso, serem devolvidos aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada para repasse aos fabricantes ou importadores.”*

O que se verificou nesse sentido, através de levantamento exploratório efetuado nas lojas que comercializam esses produtos, foi o não cumprimento deste item, uma vez que, a vigência da referida Resolução já ultrapassou, há muito, o prazo de um ano estipulado e, dentre os produtos oferecidos no mercado, a grande maioria tem ignorado esta determinação. As informações na embalagem (quando estas

existem) não seguem as normas especificadas e, muitas vezes, o produto é comercializado nas lojas em sua embalagem original, em idioma estrangeiro, sem tradução e de forma incompatível com a realidade local. No caso dos ambulantes, todas as pilhas e baterias encontradas pertenciam a essa categoria.

Seja qual for, uma teoria que busque a especificidade do objeto de estudo da comunicação deverá se apoiar em uma teoria social, que leve em conta a realidade concreta e histórica da sociedade para a qual se destina. No caso brasileiro, deve ser considerado o fato de constituirmos uma sociedade capitalista, com profundas desigualdades sociais³². Neste caso, uma solução poderia ser a adoção de símbolos explicativos, devido a um considerável índice de analfabetismo entre a população consumidora desses produtos.

No Brasil, um fato que desperta a atenção é o elevado número de pilhas e baterias contrabandeadas ou falsificadas. Esses produtos estão com cargas abaixo dos fixados pela *Associação Brasileira de Normas Técnicas* – ABNT, fora dos prazos de validade e com os níveis de metais pesados acima dos percentuais fixados pelo CONAMA. Estima-se hoje que cerca de 60% das baterias de celulares comercializadas no país são falsificadas ou contrabandeadas. E é quase impossível diferenciar o falso do verdadeiro*. Este fato traz maior complexidade ao problema, na medida em que muitas dessas baterias, rotuladas como sendo do tipo Ni-MH, ou Li-íon, na verdade são de Ni-Cd. Quanto às baterias do tipo botão, as mesmas não possuem nenhuma identificação quanto ao conteúdo, marca, procedência etc.

O *Instituto de Defesa do Consumidor* – IDEC constatou, também, a ausência ou a incorreção de várias informações importantes, desrespeitando, portanto, o *Código de Defesa do Consumidor*. Um exemplo: nas embalagens *DURACELL* afirma-se que não há mercúrio na composição de suas pilhas. Lê-se o mesmo nas pilhas alcalinas da *PANASONIC*. Mas, o teste do IDEC constatou o contrário: o mercúrio, embora em quantidades muito pequenas, está presente nesses produtos. Porque não informar corretamente? A pilha alcalina da *SONY*, dá o bom exemplo.

* Luiz Antônio Coelho, coordenador do Grupo Setorial de Pilhas e Baterias da ABINEE, maio/2000.

Sua embalagem anuncia que o produto é 99,999% livre de mercúrio, informação confirmada em teste⁶⁰.

Ainda com referência a este tópico da discussão, observa-se a relevância da questão econômica para a população. É importante criar estímulos de ordem econômica, para motivar o público a descartar corretamente as pilhas e baterias. Uma alternativa seria a obrigatoriedade de entrega das pilhas e baterias esgotadas por ocasião da compra de novas. Entretanto, a experiência internacional tem demonstrado que a adoção de instrumentos econômicos tende a motivar o público e fazê-lo parte integrante do processo⁵¹. Uma maneira eficiente de divulgação do destino correto desse material, segundo a opinião dos entrevistados, seria oferecer algum tipo de desconto ou bônus, na compra de pilhas e baterias novas, incentivando a devolução das usadas nos pontos de venda ou troca (A *MOTOROLA* - México - teve sucesso com sua *Coleta Piloto de Baterias*, de agosto a outubro de 1999, recolhendo as usadas de Ni-Cd e de Ni-MH como uma permuta, na base de uma para uma, concedendo 20% de desconto quando da compra de nova)*.

Para finalizar esta etapa da pesquisa, procurou-se conhecer a **opinião da população consumidora, sobre como poderia funcionar uma coleta seletiva de pilhas e baterias, de maneira eficiente**. A análise dos resultados aponta para as mesmas dificuldades referidas na questão anterior e indicam a necessidade da implementação de, praticamente, as mesmas medidas sugeridas para a divulgação da legislação.

Observa-se, no entanto, que apesar da consciência (já adquirida por muitos) dos riscos representados pelo descarte inadequado das pilhas e baterias usadas e, das vantagens da coleta seletiva, o problema reside na falta de um sistema de coleta eficiente que, aliás, não se restringe apenas ao caso das pilhas e baterias, estendendo-se também a outros tipos de resíduos recicláveis. Os motivos apontados são muitos: falta de conhecimento, falta de postos de coleta de fácil acesso e bem divulgados à população, falta de continuidade dos programas, informações desencontradas, falta

* Informação veiculada no Workshop REPAMAR, São Paulo, Brasil, junho de 2000.

de orientação aos revendedores para o recebimento do material e encaminhamento aos fornecedores, entre outros.

Para evitar que as pilhas e baterias exauridas sejam descartadas em locais não autorizados, é necessário estabelecer com clareza o âmbito em que isto deve ocorrer, fato que, inclusive, possibilita a penalização de infratores. A sugestão deste grupo é que, as pilhas e baterias usadas sejam devolvidas nos pontos de venda e outros postos de fácil acesso, em locais com grande movimento de público. Um incentivo econômico seria, também, muito bem recebido, pois *“desconto sempre funciona...”*

Finalmente, fica registrada a importância da participação de todos os setores da sociedade, em uma ação conjunta, para um gerenciamento eficiente desses resíduos: *“Todos têm que fazer sua parte.”* O governo, além de legislar, deveria exercer uma fiscalização efetiva, para garantir que as leis fossem cumpridas. Na realização de campanhas de educação e conscientização da população caberia uma ação conjunta do Sistema de Educação com o setor produtivo. O sistema de coleta das pilhas e baterias usadas seria de responsabilidade de uma parceria, firmada entre uma associação dos fornecedores e as prefeituras. O tratamento e/ou disposição final desses resíduos ficaria a cargo de uma entidade sem fins lucrativos, da qual todos os fabricantes e distribuidores seriam obrigados a participar, sendo criados mecanismos que tornassem economicamente viável o sistema de gerenciamento dos mesmos.

Para a instituição de uma efetiva rede de coleta de pilhas e baterias usadas, em um município, é necessário que sejam estabelecidas parcerias entre os diversos setores da sociedade, entidades públicas e privadas (sem fins lucrativos), com os responsáveis legais pela coleta, tratamento e/ou disposição final desse material. Baseando-se nos resultados desta pesquisa, pode-se presumir que, com um programa de gerenciamento desse tipo implementado, muito possivelmente, a participação da população seria automática e incondicional.

6.1.2. A legislação e a opinião dos revendedores

Nesta etapa, procurou-se avaliar a aplicabilidade da legislação sobre pilhas e baterias vigente no Brasil, junto aos responsáveis por grandes estabelecimentos que comercializam esses produtos, na cidade de São Paulo. **Com referência ao conhecimento da referida legislação**, a maioria dos entrevistados demonstrou total desconhecimento. Uma pequena parcela afirmou ter conhecimento da existência da mesma, mas não de seu conteúdo.

Apenas um representante desse grupo demonstrou conhecimento da existência da Legislação sobre Pilhas e Baterias e de seu conteúdo, além de grande consciência do problema. A análise de seu discurso propicia uma visão realista de um lado do problema, não explorado pela mídia e pouco comentado pelos especialistas. Ao mesmo tempo em que indica vários pontos interessantes a serem observados, revela fatos sintomáticos que ocorrem na prática e sugere medidas simples e eficientes a serem adotadas, para um bom funcionamento de um sistema de gerenciamento desses resíduos.

Conforme se pode verificar, a única estrutura de coleta existente, neste caso, é direcionada às baterias de telefones celulares, em revendedores e postos de serviços de assistência técnica autorizados, dos fabricantes e importadores de grandes marcas estabelecidas no Brasil. Mas, segundo as palavras do entrevistado, *“...existem muitas baterias que estão no mercado e que não têm nem marca, ou que não têm fabricantes nem representantes no Brasil. Quais seriam os responsáveis por essas baterias?...”*

No Art.11 da Resolução CONAMA 257/99, fica determinada a obrigação dos fabricantes, importadores, redes autorizadas de assistência técnica e comerciantes de pilhas e baterias descritas no seu Art.1º (contendo chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos), de no prazo (já expirado) de 12 meses, contados a partir da vigência desta Resolução, de implantar os mecanismos operacionais para a coleta, transporte e armazenamento desse material.

Com referência à pergunta: – **“Os seus clientes costumam devolver as pilhas e baterias usadas à sua loja?”** – pode-se verificar que, a maioria não recebe os produtos usados, por não haver um local certo para encaminhá-los.

Fica evidenciada aqui, mais uma vez, a falta de conhecimento, tanto por parte da população consumidora, como dos revendedores, quanto às obrigações e aos procedimentos corretos a serem efetuados, estabelecidos no art. 3º da Resolução CONAMA 257/99, o qual determina a obrigação dos estabelecimentos que comercializam os produtos descritos em seu art.1º, bem como da rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos, de aceitar dos usuários a devolução das unidades usadas cujas características sejam similares àquelas comercializadas, com vistas aos procedimentos descritos no referido artigo.

Verificou-se a inexistência do sistema de coleta desses resíduos, o qual, conforme o determinado em seu Art.11, deveria ter sido implantado em um prazo de doze meses, contados a partir da vigência desta Resolução. Os raros casos onde ocorre a devolução, referem-se a alguns estabelecimentos que comercializam telefones sem fio (que geralmente utilizam baterias do tipo Pb-ácido ou Ni-Cd), de marcas conhecidas. Mesmo assim, a maioria desses equipamentos entra no país de forma ilegal e, as baterias, muitas vezes, não possuem marca e não contêm nenhuma identificação. As baterias desse tipo não são fabricadas no Brasil.

Além da educação, fator primeiro de evolução de uma sociedade para que qualquer sistema funcione, o mesmo tem que ter uma estrutura implementada na prática. Assim, de nada adiantará a legislação, a conscientização e o engajamento da população se, neste caso, não houver um sistema eficiente de coleta de resíduos. O mercado brasileiro tem características próprias, diferentes das de outros países considerados desenvolvidos. Portanto, não resulta coerente a idéia de, simplesmente, copiar as legislações daqueles países, onde o comércio informal é pouco expressivo, ou praticamente inexistente e, onde o controle sobre a responsabilidade dos produtos comercializados é encarado com seriedade. Todos os fornecedores deveriam se unir para dar uma solução conjunta ao problema.

O Art.15 da mesma Resolução determina que “*Compete aos órgãos integrantes do SISNAMA, dentro dos limites de suas competências, a fiscalização relativa ao cumprimento das disposições desta resolução*”. Observou-se que, na prática, também esta determinação não está sendo cumprida. Houve unanimidade na afirmação de que nunca houve fiscalização alguma nesse sentido.

Diante do exposto, fica explícita a eficácia zero da legislação em discussão, quanto à sua aplicabilidade, tanto junto à população consumidora, como em relação aos revendedores. Se não há divulgação, não haverá conhecimento e, portanto, não poderá haver conscientização. Não havendo fiscalização, a lei não será cumprida. E se, (conforme a opinião do entrevistado) “...no Brasil, a lei só é cumprida na base da força, ou seja, da fiscalização e da multa”, que assim seja. Uma lei é feita para ser cumprida e se assim não for, não haverá razão de existir.

Para concluir esta etapa da pesquisa, **foi perguntado aos revendedores que destino davam às suas próprias pilhas e baterias usadas**. Observa-se que, apesar da consciência do revendedor, esses resíduos continuam sendo, de um modo geral, descartados junto com o resíduo urbano comum por falta de informação, falta de fiscalização e, principalmente, por falta de opção. Alguns revendedores são de opinião de que a responsabilidade é da prefeitura, outros entendem que é dos fabricantes. Alguns são contra descartar qualquer tipo de pilhas e baterias no lixo comum e consideram que os fabricantes deveriam informar aos revendedores, sobre o que fazer e quais os riscos de se descartar as pilhas e baterias no lixo comum. Aqui, além da consciência do entrevistado, identifica-se uma crítica à falta de estrutura de coleta e à falta de informação à população e aos próprios revendedores.

Registrou-se, ainda, uma informação de que as pilhas e baterias de Ni-Cd, Ni-MH e Pb-ácido são doadas para serem vendidas para reciclagem. Não se conseguiu obter maiores detalhes da operação. A resposta pareceu bastante inespecífica, sugerindo que investigações adicionais poderiam trazer à luz, pontos obscuros sobre a existência de algum tipo de mercado paralelo de reciclagem, no qual só se aproveitariam os metais de interesse comercial, descartando-se outros resíduos

tóxicos no ambiente, sem qualquer controle, pois a empresa que recicla oficialmente esse material, cobra para fazer o serviço.

No caso das baterias de óxido de prata (tipo botão), tem-se notícia de que têm sido coletadas por relojoarias, lojas de aparelhos fotográficos e de aparelhos auditivos, em diversas cidades do país, e comercializadas para reprocessamento e recuperação do metal precioso. Entretanto, como os reprocessadores, em sua grande maioria, atuam ilegalmente e utilizam processos caseiros e rudimentares, sem quaisquer cuidados com os efluentes e resíduos gerados, ou mesmo com a saúde ocupacional, este tipo de recuperação pode vir a representar riscos adicionais à saúde pública e ao ambiente⁵¹.

6.1.3. A legislação e os fornecedores

▪ *Setor de Telefonia Celular*

As informações obtidas nesta etapa da pesquisa não coincidem com as obtidas na pesquisa documental e nas visitas técnicas. Este fato revela a implicação de certos critérios de eficiência ou ineficiência na comunicação. O processo de comunicação só será eficiente na medida em que os julgamentos racionais forem facilitados. Um julgamento racional implementa objetivos vinculados a valores⁶⁷. Neste caso, a ineficiência na comunicação mostrou-se bastante contraproducente, uma vez que na realidade, pelo menos o Setor de Telefonia Celular aparenta estar bem melhor adequado à legislação do que se pode deduzir das informações transmitidas aos consumidores, pelos fornecedores selecionados, através de seus SAC.

O segmento de baterias celulares vem apresentando expressivo crescimento, sendo, atualmente, todas as baterias comercializadas no país, importadas. O mercado nacional consumiu 275 mil unidades em 1991, passando a 5 milhões em 1999, quando o perfil de consumo indicava que cerca de 80% das baterias eram de Ni-Cd, consideradas as de maior impacto ambiental. Estimava-se que as do tipo Ni-MH representassem 18% do mercado e as do tipo Li-íon, apenas 2%⁵¹.

Nessa época, de um modo geral, as baterias de telefonia celular eram descartadas, sem qualquer cuidado, no resíduo urbano das cidades brasileiras, apresentando riscos de contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas. Muitas vezes, o resíduo urbano é queimado ao ar livre, ou em incineradores não apropriados para esse fim, existindo também o risco de ocorrência de poluição atmosférica por fumos de metais, além de gases e partículas presentes em processos de queima ineficiente⁵¹.

Desde então, houve mudanças bastante significativas nesse segmento. O mercado de telefones celulares e, conseqüentemente, o mercado de baterias para esses equipamentos, continua crescendo exponencialmente. Somente no Brasil, no final de 2001, o número de telefones celulares era de 28,9 milhões e, a estimativa para 2002, é de que atinja 32,8 milhões de unidades³². A partir da publicação das Resoluções do CONAMA regulamentando esses produtos, de uma maneira geral, as empresas do Setor de Telefonia Celular estabelecidas no país começaram a tomar providências, para que seus sistemas e suas ações atendessem satisfatoriamente ao disposto na regulamentação.

De acordo com os documentos apresentados na 7ª reunião plenária da *Câmara de Material Elétrico, Eletrônico e de Comunicação*, efetuada em junho de 2000¹⁸⁶, verifica-se um grande avanço nas medidas tomadas pelas empresas, para se adequar à legislação. Algumas delas como a *MOTOROLA*, a *ERICSSON* e a *QUALCOM*, seguindo a política internacional de suas matrizes, não utilizam mais baterias de Ni-Cd em seus telefones celulares.

A *QUALCOM* informou, em documento enviado à *Secretaria de Qualidade, ou Estão Ambiental nos Assentamentos Humanos*, do Ministério do Meio Ambiente, que devido ao fato de que, no Brasil, esta empresa só tem comercializado baterias de íons lítio, não incluídas na Resolução CONAMA 257/99, está adequando-se aos requisitos de identificação da disposição final dos produtos, conforme exigido no parágrafo único do artigo 13⁵¹. Isto significa que as instruções para que a disposição final de seus produtos seja o descarte no lixo domiciliar, de acordo com o símbolo na

etiqueta. A empresa não considera necessário instituir um sistema de coleta para suas pilhas e baterias. Esta atitude representa uma exceção entre as empresas do Setor.

Em ação pró-ativa, a maioria dos fornecedores está recolhendo todos os tipos de baterias de celular, incluindo as de Ni-MH e Li-íon, não requeridas pela Resolução do CONAMA, a exemplo do que já ocorre nos Estados Unidos, Canadá, Japão e países da União Européia. Quanto ao sistema de coleta, transporte, armazenamento e disposição final das baterias coletadas, todas adequaram, ou estão adequando, seus sistemas operacionais, para atender às normas referentes a esses procedimentos.

Até hoje, ao contrário do que acontece com as baterias de Ni-Cd, ainda não foram realizados estudos suficientes sobre os riscos ambientais que as baterias dos tipos Ni-MH e de Li-íon representam. Não se deve esquecer também, do já mencionado fato, de que uma grande quantidade das baterias de celular comercializadas no Brasil (estimada em mais de 50%) é falsificada ou contrabandeada, sem identificação correta e fora das especificações.

De qualquer maneira, de acordo com o apresentado anteriormente, devido ao fato de o níquel e seus compostos serem substâncias comprovadamente carcinogênicas¹⁵⁴ e apresentarem alta toxicidade à vida aquática⁹⁷, considera-se que seria necessária a obrigatoriedade de coleta diferenciada e disposição final adequada dessas baterias, em aterros para produtos perigosos, quando não se dispuser de tecnologias de reprocessamento e/ou reciclagem economicamente viáveis. Quanto às baterias de Li-íon, a recomendação seria de que as mesmas sejam, por enquanto, dispostas em aterros de resíduos industriais, pois ainda não está disponível no Brasil, um sistema economicamente viável de reprocessamento e/ou reciclagem em alta escala, para esse tipo de bateria. A Legislação sobre Pilhas e Baterias vigente no Brasil, não inclui esses tipos de bateria em suas disposições, permitindo que as mesmas sejam descartadas juntamente com o resíduo urbano comum.

Apesar do grande avanço na busca da adequação à legislação, verifica-se no Setor, além da ineficiência na comunicação, uma falta de unidade com referência ao gerenciamento desses resíduos. Enquanto uns enviam os produtos coletados para a reciclagem no exterior, outros os dispõem em aterros industriais e alguns, ainda, não se decidiram por um procedimento adequado e os armazenam de acordo com as normas ambientais e de saúde pública pertinentes. Todos esses procedimentos têm um custo elevado, o qual poderia ser consideravelmente reduzido se houvesse um modelo de gerenciamento único, com a participação de todos os fornecedores do segmento, a exemplo do que já ocorre na América do Norte, Europa e Japão. A seguir, alguns exemplos de experiências internacionais:

□ *Estados Unidos e Canadá*

Um dos programas de maior amplitude é o que vem sendo desenvolvido nos Estados Unidos e Canadá pelo RBRC – *Rechargeable Battery Recycling Corporation*, entidade financiada e operada pelas principais empresas fabricantes e usuárias deste tipo de baterias. Implantado nos Estados Unidos, em 1994, já contava, em 1999, com 27 participantes e cerca de 30 mil centros comunitários de coleta, ou seja, um centro para cada 10 240 residentes. No ano de 2000, o programa foi aderido pelo Canadá e, em uma ação conjunta, atende ao setor público e à iniciativa privada, além de licenciar e de prestar serviços de assessoria a outras entidades interessadas em implantar o programa de reciclagem.

Todo o sistema, incluindo a coleta, transporte, armazenamento, reprocessamento e disposição final, é financiado pela RBRC, a qual se responsabiliza também, através de um programa de marketing forte e abrangente, pela divulgação e informação ao público. As baterias usadas são devolvidas pelos consumidores aos postos de coleta e o transporte para os Centros Regionais é financiado pelos distribuidores e/ou pelo setor público, sem ônus para o setor varejista. Tudo é custeado com recursos resultantes de pagamento de licença do uso do selo de reciclagem RBRC, aprovado pela U.S.EPA, afixado nas baterias. As baterias de Ni-Cd são enviadas dos Centros Regionais para a *IMETCO*, empresa especializada em

reciclagem de baterias de Ni-Cd, localizada no Estado da Pensilvânia, USA. São aceitas para reciclagem, apenas as baterias dos fabricantes associados que contenham o selo.

A partir de fevereiro de 2000, a RBRC passou a incluir em seu programa as baterias de Ni-MH e as de Li-íon. Em 2001, o programa já contava com a participação de cerca de 30 mil revendedores, atuando também como postos de coleta, utilizando caixas de coleta padronizadas cedidas pela RBRC, envelopes com porte pré-pago, distribuição de material informativo e com uma linha 1-800 (gratuita) de Serviço de Atendimento ao Consumidor, para informações sobre os endereços dos revendedores participantes do programa. O RCBC conta com uma grande adesão do setor produtivo, com a participação de cerca de 90% das indústrias de baterias recarregáveis e mais de 300 licenciadas.

O funcionamento do programa é bastante simples, eficiente e economicamente viável, providenciando uma solução ambientalmente correta para a questão de tratamento, reciclagem e/ou disposição final das baterias usadas. É um programa visível e acessível aos consumidores, que promove uma imagem ambiental forte e cumpre com todos os requisitos da U.S.EPA, com referência ao “*Mercury-Containing and Rechargeable Battery Management Act*”, de 1996*.

De acordo com a RBRC, a taxa de coleta e reprocessamento das baterias comercializadas por seus associados, responsáveis por cerca de 75% das baterias de Ni-Cd vendidas nos EUA (300 milhões de unidades) situava-se, em 1997, entre 25 a 30%. Como o programa baseia-se em um sistema de coleta com devolução voluntária das baterias, sem qualquer benefício econômico ao consumidor, os resultados têm mostrado uma tendência de crescimento mais lento do que se houvesse uma obrigatoriedade de entrega das baterias exauridas, por ocasião da compra de novas**.

* **Mercury-Containing and Rechargeable Battery Management Act** (Revised 5/23/97) - disponível online em fev. 2002, em: <http://tis.eh.doe.gov/oeпа/law_sum/BATTERY.HTM>

□ *União Européia*

O Comitê Europeu, através da diretiva 91/157/EEC, de 18 de março de 1991, que dispõe sobre pilhas e baterias contendo substâncias perigosas, determinou que os países membros da União Européia deveriam proibir, a partir de 1º de janeiro de 1993, a comercialização de pilhas e baterias fora das especificações estabelecidas na referida regulamentação, limitando os teores de cádmio, mercúrio e chumbo em suas composições.

A diretiva estabeleceu ainda, que, os programas contemplando a coleta, o fornecimento de informações aos usuários, a substituição gradativa e/ou a adequação dos tipos de pilhas e baterias acima mencionados e o estabelecimento de um sistema de codificação deveriam ter início em 18 de março de 1993.

Os fabricantes, distribuidores e comerciantes de pilhas e baterias da União Européia, através da EPBA – *European Portable Battery Association*, associação que os representa, formaram o WMG – *Waste Management Group*. Este grupo, em resposta à Diretiva da Comunidade Européia de 18/05/91, que regulamenta esses produtos, propôs a prorrogação dos prazos estabelecidos, conforme apresentado a seguir:

- (a) Banir do mercado pilhas e baterias com mais de 5 ppm de Hg, a partir de 1999.
- (b) Coletar e reciclar todos os tipos de pilhas e baterias, a partir de 2003.

O intervalo de quatro anos (1999-2003) seria para que as baterias de mercúrio ainda em utilização, sejam eliminadas do mercado consumidor.

O WMG propôs também, que, tanto a responsabilidade pela segregação das pilhas e baterias, de acordo com seus sistemas químicos, como a responsabilidade pelo encaminhamento do material segregado, aos recicladores (baterias de Cd, Hg, Pb e *button cells*) e aos mineradores (alcalinas e de lítio), ficaria a cargo dos fabricantes, distribuidores e comerciantes. Em contrapartida, a coleta e a entrega do

** Dados fornecidos pela RBRC durante a *WASTE –EXPO*. Chicago, 2001 Apr.

material recolhido ficaria sob a responsabilidade do poder público. Pleitearam também, a não proibição das baterias de Ni-Cd, visto que, uma vez coletadas, são passíveis de serem recicladas, apresentando alto teor de recuperação metálica.

As propostas realizadas pela EPBA foram incorporadas à legislação européia através de emendas⁴⁸.

O Quadro III Apresenta uma comparação entre as diretivas da EU e da EBPA.

QUADRO III Comparação entre as diretivas da UE e EPBA

ORGANIZAÇÃO	COLETA E RECICLAGEM (início)	BATERIAS DE MERCÚRIO (banir)	BATERIAS DE Ni-Cd (reciclar)
EU ¹	1993	1993	eliminar
EPBA ²	1999	1999	reciclar

Fonte: CEFETEQ-RJ (2000)

¹ União Européia

² European Portable Battery Association

- *Setor de baterias de filmadoras, computadores portáteis, ferramentas portáteis e assemelhados*

O segmento de baterias para filmadoras, computadores portáteis, ferramentas portáteis, eletrodomésticos, barbeadores, telefones sem fio, brinquedos etc., apresenta um perfil pouco conhecido no Brasil, em termos de mercado, visto que, a quase totalidade desses produtos é de origem estrangeira. Uma parte considerável desses equipamentos e brinquedos é adquirida no exterior, em *free-shops* ou ainda importada ilegalmente⁵¹.

Constatou-se que os tipos de baterias mais utilizados, nesses produtos, são as do tipo seladas, à base de chumbo e as de Ni-Cd. Com referência ao sistema de

coleta dessas baterias, não foi tomada nenhuma providência, no município de São Paulo, apesar de estarem regulamentadas pela legislação. Tem-se notícia de alguns projetos e de algumas experiências isoladas, em outros municípios do Brasil, mas ainda não foram divulgados os resultados. Quanto ao descarte desses produtos, não há nenhum controle e acredita-se que, o destino seja o resíduo sólido comum. Observa-se também aqui, a eficácia zero da legislação junto a esse setor.

Um problema identificado, para o qual providências já vêm sendo tomadas, em diversos países, são as pilhas e baterias recarregáveis, integradas à estrutura de aparelhos, de forma não removível e não substituível, as quais também são, em sua quase totalidade, do tipo de bateria selada, de chumbo, ou de Ni-Cd.

A Resolução CONAMA 257/99, em seu Art.10º, determina que *Os fabricantes devem proceder a gestões no sentido de que a incorporação de pilhas e baterias, em determinados aparelhos, somente seja efetivada na condição de poderem ser facilmente substituídas pelos consumidores após sua utilização, possibilitando o seu descarte independente do aparelho.*

Observa-se que, para esse segmento, a legislação limita-se apenas à aos aparelhos fabricados no Brasil, o que não resolve o problema, visto que produtos que utilizam esse tipo de bateria são, em sua quase totalidade, importados ou entram ilegalmente no país. A legislação não regulamenta a importação desses produtos, nem determina o gerenciamento dos resíduos, pelos fornecedores, quando esgotada sua capacidade energética. Não há controle da entrada desses equipamentos e brinquedos no país e a fiscalização de sua comercialização é inexistente. Não há sistema de coleta, de disposição final adequada, ou de reciclagem para esses resíduos, cujo destino provável seja o resíduo urbano comum. No Brasil o perfil de consumo desses produtos, é totalmente desconhecido.

Em países da Europa, América do Norte e Japão, a coleta é de responsabilidade dos fabricantes, importadores, estabelecimentos que comercializam esses produtos e serviços de assistência técnica, os quais providenciam a retirada das

baterias antes de enviá-las aos centros de recepção para triagem, tratamento, reciclagem e/ou disposição final.

▪ *Setor de baterias do tipo botão*

A Resolução CONAMA 263, de 12 de novembro de 1999, determina, em seu Art.1º, a inclusão no art.6º da Resolução 257, de 30 de junho de 1999, do inciso IV, com a seguinte redação: “IV - Com até 25 mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo miniatura e botão.” O referido art. 6º determina os limites estabelecidos para os teores de cádmio, mercúrio e chumbo, a serem cumpridos a partir de 1º de janeiro de 2001, para a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias.

A legislação brasileira não dispõe sobre o gerenciamento dos resíduos gerados por esse tipo de baterias. Não há nenhuma menção sobre o controle da entrada desses produtos no país, ou sobre um sistema de coleta especial para essas baterias exauridas e nenhuma determinação quanto à sua disposição final. Geralmente, as baterias do tipo botão não possuem qualquer identificação quanto ao seu conteúdo. Também não se conhece seu perfil, em termos de mercado brasileiro, visto que são todas importadas, legal ou ilegalmente. As baterias botão são basicamente dos seguintes tipos: óxido de mercúrio, óxido de prata, zinco-ar, lítio.

As baterias à base de mercúrio vêm sofrendo crescente restrição internacional, devido aos evidentes riscos que sua produção e seu descarte inadequado representam. Um dos problemas mais críticos, relacionados com esse tipo de baterias, é a sua difícil segregação, quando da utilização do resíduo urbano para a produção de composto orgânico. Ao fazer parte do composto, essas baterias passam a ser vetores de introdução de mercúrio na cadeia alimentar⁵¹. Segundo a *Agência de Controle de Poluição Ambiental do Estado de Minnesota*, basta a presença de duas unidades de baterias de mercúrio do tipo botão, em um quilo do composto, para limitar o uso do produto para nutrição do solo e de plantas⁹⁷.

Em diversos países da União Européia, esse tipo de bateria já é proibido, desde o início da década de 1990, sendo que em outros, têm havido exigências para a redução de seu teor de mercúrio. Nos Estados Unidos, Canadá, Japão e União Européia, há obrigação de coleta segregada desses produtos para posterior recuperação do mercúrio. No Brasil, apesar do disposto na Resolução CONAMA 263/99, não há qualquer tipo de restrição, não se conhecendo, inclusive, seu teor de mercúrio. No caso das baterias de óxido de prata, apesar de também conterem mercúrio em sua composição, não sofrem nenhum tipo de restrição. Para as baterias botão, do tipo zinco-ar e de lítio, a recomendação no Brasil é de que seu descarte seja no resíduo doméstico comum. Acredita-se que o destino final de todas as baterias do tipo botão no Brasil seja o resíduo comum, ao contrário do que acontece nos países da Europa, Estados Unidos, Canadá e Japão, onde as respectivas legislações exigem que todos os tipos de bateria botão sejam coletados de maneira segregada e que, sua destinação final seja a reciclagem, ou a disposição em aterros industriais para resíduos perigosos.

Nos Estados Unidos, em complementação ao “*Mercury- Containing and Rechargeable Battery Management Act*”, de 1996, que regulamenta e padroniza a rotulagem e a coleta de pilhas e baterias no país, cada Estado possui sua legislação específica e cabe aos municípios gerenciar e fiscalizar seus próprios programas. As pilhas do tipo botão, que representam 4% da geração total desses resíduos, devem ser coletadas e recicladas, ou dispostas em aterros para resíduos perigosos. As pilhas botão de óxido de prata, por conterem mercúrio, estão incluídas nesta categoria. Atualmente, existe tecnologia disponível para o reprocessamento dos metais de todos os tipos de baterias botão, incluindo as de lítio e as de zinco-ar. Após a recuperação dos metais, o resíduo remanescente é considerado não perigoso, podendo ser enviado para aterro industrial*. O *Instituto Americano de Fabricantes de Relógios*, que vende pilhas botão contendo lítio, as coletam depois de usadas e vendem para uma fábrica em Búfalo, que desativa o lítio e o processa no efluente líquido da empresa⁴⁸.

* Informações obtidas em visita técnica à Recicladora *Battery Solutions*, em Michigan, USA, em abril de 2001. A empresa tem tecnologia para reciclar todos os tipos de pilhas e baterias, atualmente existentes.

Na União Européia, além da Diretriz 91/157, de 18 de março de 1991, cada país membro da Comunidade têm sua própria legislação específica adicional com referência ao tema. Países como a Suécia, a Holanda e a Bélgica, entre outros, já possuem programas de coleta, para todos os tipos de pilhas e baterias desde o início, antecipando-se ao prazo determinado pela diretriz 91/157. Na Suécia, todos os tipos de pilhas e baterias são coletados, tratados, reciclados e/ou dispostos adequadamente, desde 1987⁴⁶. Na Bélgica, a meta para 2002 é de coletar 75% das pilhas e baterias descartadas no país. Na Alemanha, todos os tipos de pilhas e baterias são coletados desde 1998. Países do sul da Europa como Espanha, Itália e, principalmente Portugal, ainda não resolveram seus problemas de coleta e de reciclagem²⁸.

De acordo com dados fornecidos pelo *Ministério de Meio Ambiente da França*, em 1999, os franceses consumiram 85 milhões de pilhas do tipo botão. Os diferentes textos europeus e suas disposições transitórias em direito francês, principalmente, o Decreto de 12 de maio de 1999, impõem, desde janeiro de 2001, a coleta e reciclagem obrigatória das pilhas botão de todos os tipos. Um pequeno ajuste foi feito para as pilhas botão, ficando proibida a comercialização desse tipo de pilhas com teor de mercúrio superior a 2% em peso²⁸.

▪ ***Setor de pilhas secas e baterias de uso doméstico e geral***

O segmento de pilhas e baterias de uso doméstico e geral para rádios, lanternas, sistemas de comunicação, brinquedos etc. representou, no Brasil, em 1996, um consumo da ordem de 900 milhões de unidades..Atualmente, em nosso país, o tipo mais comum de pilhas não recarregáveis, as de zinco-carbono (Zn-C), corresponde, a 70% do mercado consumidor desse segmento, enquanto que, as pilhas e baterias alcalinas não recarregáveis representam o restante desse mercado⁵¹.

As pilhas e baterias alcalinas não recarregáveis não são fabricadas no Brasil. Segundo informações fornecidas pela ABINEE, as importadas legalmente não contêm mercúrio em sua composição, desde 1998, conforme o registrado em suas embalagens, podendo de acordo com o art.13 da Resolução CONAMA 257/99,

serem descartadas no resíduo domiciliar e dispostas em aterros sanitários licenciados.

O problema reside nas pilhas e baterias desse tipo, que à semelhança do que ocorre com as baterias de telefonia celular, entram ilegalmente no país. O contrabando desses produtos, principalmente de países asiáticos, vem crescendo a cada dia e, além de muitos estabelecimentos formais, supre todo o mercado informal, na cidade de São Paulo. Suspeita-se que mais da metade dessas pilhas e baterias, comercializadas no Brasil, sejam falsificadas ou contrabandeadas. Tais produtos, além de utilizarem falsificações de marcas de grande penetração no mercado, muitas vezes, contêm alto teor de mercúrio, fato bastante preocupante e que deve ser combatido com rigidez, face aos grandes riscos que representa. As pilhas de zinco-carbono fabricadas no Brasil, ainda contêm uma pequena quantidade de mercúrio em sua composição, mas em níveis bastante baixos e dentro das especificações da Resolução CONAMA 257/99⁵¹.

Nos Estados Unidos (determinados estados), Canadá, Japão e alguns poucos países da Europa, devido ao controle exercido sobre os produtos comercializados e, ao fato desses tipos de pilhas e baterias apresentarem baixos teores de cádmio, mercúrio e chumbo, ainda se admite seu descarte no lixo urbano e sua disposição final em aterros para resíduos domiciliares. Esta tendência está mudando devido à presença de outros metais perigosos, presentes nas novas baterias que vêm surgindo.

Quanto às baterias recarregáveis para uso doméstico e geral, o tipo mais comum utilizado no país é o de Ni-Cd. Tais baterias apresentam um elevado potencial poluidor, devendo, conforme já mencionado anteriormente, ser objeto de cuidados especiais ao final de seu ciclo de vida. Como não há nenhum sistema de coleta seletiva ou fiscalização para essas baterias, seu destino final também termina por ser o resíduo urbano⁵¹.

Na União Européia, a partir da Diretriz 91/157, de 18 de março de 1991, um segundo processo foi estabelecido pela comissão para a continuidade de um programa. A determinação 98/101 complementa a precedente e introduz a redução dos teores limites, para comercialização de pilhas e baterias contendo mercúrio, a 5

ppm (0,0005%) para as pilhas de manganês. A Resolução do CONAMA 257/99 estabelece um limite de 0,025% em peso de mercúrio para esse tipo de pilhas. A Comissão prepara uma terceira diretriz que deverá, principalmente, tornar obrigatória a coleta segregada de todas as pilhas e baterias e, proibir a colocação de pilhas e acumuladores contendo cádmio no mercado ⁷⁵.

Na França, o Decreto 99/374, de 12 de maio de 1999, fixa um quadro regulamentar, relativo à dosagem de pilhas e acumuladores usados, quer estes sejam incorporados no aparelho, ou não. Esse Decreto já era aplicável para os acumuladores (baterias) e passou a valer também para as pilhas, a partir de janeiro de 2001. Os geradores dos resíduos são responsáveis por sua dosagem. As quantidades coletadas, triadas e dosificadas, constituem o objeto de um relatório mensal, assegurando a seqüência das diferentes etapas.

Esse Decreto prevê, também, que toda pessoa física ou jurídica que fabrique, importe, introduza, distribua sob sua própria marca, pilhas e baterias (destinadas a consumo e atividades), tem a obrigação de recolher esses produtos usados, que serão coletados pelos fabricantes ou pelas comunas (municípios), quando essas possuem um sistema de coleta segregada. Esses resíduos serão reunidos em lotes de características idênticas, antes da destinação final.

Os fabricantes e importadores de pilhas e acumuladores portáteis da França, tomaram a iniciativa de criar a *Société de Collecte et Recyclage de Equipements Electriques et Electroniques* – SCRELEC, com a missão de satisfazer, no local e em lugar de seus parceiros, aos requisitos desse Decreto com um programa de dosagem. A entidade organiza a coleta e o transporte do material, o qual é enviado a um centro de triagem e separado em lotes, os quais são encaminhados às unidades de tratamento competentes e a reprocessadores, associados à SCRELEC. Todas as pilhas e baterias portáteis usadas, de qualquer que seja sua tecnologia, são gerenciadas e recicladas pela SCRELEC*. Outras entidades foram criadas, para atender aos diferentes segmentos do mercado de acumuladores⁷⁵.

* Informações obtidas no Relatório Interno da SCRELEC: **Situation en Matière de Piles et**

No Japão, em virtude do pequeno número de aterros disponíveis, a problemática das pilhas e baterias no resíduo doméstico é muito séria e vem despertando interesse público, desde 1984. Vários programas de coleta foram desenvolvidos desde então. Em geral, esses programas têm a participação do governo, da indústria, do setor varejista e dos consumidores^{46,155}.

Em 1984, foi implantada no Japão uma usina de reciclagem de baterias primárias, a *Itomuka Mercury Refining*, projetada para a reciclagem do mercúrio. Antes do rompimento, é feita a seleção mecânica das baterias de acordo com o tamanho. Procede-se então o processo térmico para extração do mercúrio por condensação, o qual é refinado, alcançando-se uma pureza de 99,99%. A etapa seguinte, é a recuperação de outros metais ferrosos e não ferrosos, principalmente o zinco^{46,155,168}. Como o processo mostrou ser muito caro, as cidades que não podiam arcar com os custos da reciclagem adotavam o critério da disposição em aterro, encapsulando-as em concreto, ou o armazenamento à espera de uma solução economicamente viável⁴⁶. Outras plantas foram construídas, para proceder à reciclagem de baterias secundárias. Todos os metais são recuperados e reutilizados como matéria prima para a fabricação de novas baterias ou vendidos para usinas siderúrgicas¹⁵⁵.

Conforme pode se verificar, as Resoluções do CONAMA 257/99 e 263/99 mostram-se bastante defasadas em relação às legislações dos países considerados desenvolvidos, com referência ao tema. A discussão sobre a experiência internacional de gestão ambiental de pilhas e baterias, bem como a análise da situação do país, têm gerado a formulação de proposições que podem vir a servir de base para uma legislação mais atualizada, compatível com o incessante avanço tecnológico do Setor e com os novos problemas ambientais que esses acarretam. A seguir, dois exemplos de propostas que vão além do requerido, na legislação brasileira:

No Estado de São Paulo, foi criada, em 30 de junho de 1998, em parceria da CETESB com a ABINEE, a *Câmara Ambiental de Material Elétrico, Eletrônico e de*

Comunicação, com o objetivo de institucionalizar canais de negociação e de discussão entre os setores público e privado, a respeito das questões ambientais inerentes a esse setor produtivo. Com referência à gestão ambiental de pilhas e baterias, foi apresentado o PROBAT - *Programa de Gestão Ambiental de Pilhas e Baterias* - com a finalidade de possibilitar o estabelecimento de objetivos, o acompanhamento dos resultados, e a definição dos principais participantes. Foi proposto, então, que o referido programa abrangesse todo e qualquer tipo de pilha e bateria, inclusive aquelas de uso doméstico, residencial, comercial, serviços de saúde, industrial, veicular e de telefonia celular⁵¹.

No Estado do Rio de Janeiro, o “*Programa de Ação de Coleta Seletiva de Pilhas e Baterias*” foi lançado em 12 de julho de 1999, projeto nascido de uma parceria entre a *Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - FIRJAN*, a *Comissão de Defesa do Meio Ambiente da Associação Comercial do Rio de Janeiro - ACERJ* e a *Comissão de Defesa do Meio Ambiente da Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro - ALERJ*⁴⁸. As propostas apresentadas visam a desviar as pilhas e baterias dos aterros sanitários, aterros controlados e “lixões” do Estado do Rio de Janeiro, incluindo todos os tipos, inclusive as não regulamentadas pelas Resoluções do CONAMA: “*Entende-se que, como medida de prevenção, a melhor alternativa consiste em proporcionar a coleta de todos os tipos e marcas de pilhas e baterias e, posteriormente, promover uma destinação final adequada.*”

Apesar desses dois projetos ainda não terem sido implementados, identifica-se a existência de conscientização a respeito do problema por parte de fornecedores e de autoridades, com referência à gravidade da situação e quanto à necessidade de se tomar providências pró-ativas, antecipando-se à legislação vigente no país, em parte, já ultrapassada. Pode-se constatar que os fornecedores (pelo menos do setor de baterias para telefonia celular) estão procurando fazer a sua parte, de acordo com o determinado pela legislação. Cabe, aqui, uma pergunta: - **Sendo os fornecedores praticamente os mesmos, no Brasil e nos outros países pesquisados, o que impede a realização de um gerenciamento eficiente das pilhas e baterias no Brasil?**

6.1.4. A legislação e a opinião dos especialistas

Nesta última etapa da pesquisa, com o objetivo de completar a triangulação de informações proposta, procurou-se conhecer a opinião de especialistas no tema, abordando-se duas questões principais referentes a este estudo:

- (a) a eficácia e aplicabilidade da Legislação Brasileira sobre Pilhas e Baterias;
- (b) o conteúdo da referida legislação, do ponto de vista de saúde pública e ambiental.

(a) *Com referência à eficácia e à aplicabilidade da legislação em estudo*, embora haja unanimidade quanto à importância da existência de uma regulamentação para esses resíduos especiais, identifica-se duas correntes distintas de opinião, quanto ao âmago da questão em si. A observação deste quadro, sob perspectiva ampliada, permite uma leitura interessante sobre a origem dos diferentes pontos de vista, com respeito ao mesmo tema.

De um lado, estão os especialistas ligados à pesquisa acadêmica, cuja visão do problema nasce da observação sistemática de situações para as quais, embora os objetos de estudo variem, os problemas e as possíveis soluções para os mesmos são similares. A estes, integram-se os ambientalistas, não ligados ao setor produtivo, ou seja, aqueles que não possuem um interesse econômico direto na questão. Em muitos pontos, curiosamente, a opinião deste grupo coincide basicamente com a da população consumidora e dos revendedores, embora estes dois últimos não tenham conhecimento da legislação: - *“Uma lei, por si só, não basta para que o sistema funcione.”* As deficiências apontadas foram praticamente as mesmas. Faltam divulgação, informação, conscientização e educação da população, estrutura de coleta, e, principalmente, fiscalização, sem esquecer da fundamental participação de todos os setores envolvidos.

A eficácia e a aplicabilidade da legislação dependem amplamente de uma campanha esclarecedora e motivadora, junto à população brasileira. Em sociedades democráticas, as opções racionais dependem do esclarecimento e este, por seu turno,

depende da comunicação. A estrutura de atenção de um especialista, inteiramente dedicado à pesquisa, ou à condução dos negócios públicos ou privados, será mais elaborada e refinada do que aquela do leigo e, obviamente, essa diferença sempre existirá. No entanto, é perfeitamente possível o acordo entre o especialista e o leigo, com respeito às linhas gerais da realidade. Um objetivo viável, para a sociedade democrática, é o esclarecimento equivalente entre o perito, o líder e o leigo⁶⁷.

Os incentivos indiretos ou econômicos também ganham importância, principalmente, considerando-se que “o Brasil é o mais rico, entre os países com maior número de pessoas miseráveis”, possuindo uma taxa de pobreza de 34%, segundo dados do relatório do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 1999). Isto significa, em dados numéricos, 53 milhões de pessoas abaixo da linha de pobreza, sendo que dessas, 23 milhões vivem abaixo da linha da miséria. A parcela mais rica, equivalente a 1% da população, detém a mesma quantidade de recursos que os 50% mais pobres. Tomando como base os 10% mais ricos juntos, esses concentram a metade da renda nacional⁷⁶.

Ainda com referência à questão da eficácia e da aplicabilidade da legislação, identificam-se dois problemas cruciais a serem solucionados: a implementação de um sistema de coleta eficiente, e uma efetiva fiscalização por parte dos órgãos competentes.

No Brasil, considerando-se a enorme heterogeneidade das características culturais e socioeconômicas da população consumidora, e, tendo em vista fatores relevantes, tais como: os inúmeros tipos de pilhas e baterias existentes no mercado, a grande variedade de marcas e de fabricantes, a ausência de identificação nos produtos, que já estão sendo produzidos em conformidade com as Resoluções CONAMA 257/99 e 263/99, e o incalculável número dos diversos tipos desses produtos que entram ilegalmente no país, acredita-se que haveria uma grande dificuldade no processo de educação da população, no sentido de segregar e coletar seletivamente apenas determinados tipos de pilhas e baterias. Provavelmente nas atuais condições, ao se tentar implantar um sistema de coleta seletiva diferenciado, a tendência seria ao fracasso, em função da inviabilidade de adesão da população ao

programa. Do ponto de vista prático, inicialmente seria de bom senso que se coletassem todos os tipos de pilhas e baterias usadas, independente de estarem ou não incluídos na legislação.

Conforme se pode constatar, a fiscalização dos órgãos competentes mostrou-se inexistente, apesar do disposto no Art.15 da Resolução CONAMA 257/99. Por outro lado, a fiscalização da entrada ilegal desses produtos no país e do comércio informal, parece bastante ineficiente. Diante desta situação, a legislação tende a se tornar inócua, caso não sejam coletados todos os tipos de pilhas e baterias usadas, para posterior segregação e gerenciamento adequado desses resíduos. Como não seria justo exigir que os fabricantes e importadores legais arcassem com os custos de coleta dos produtos ilegais, uma opção seria o governo financiar a parte correspondente à coleta desses produtos ilegais, enquanto não fosse resolvido o problema da fiscalização.

Ainda sobre a questão da eficácia e aplicabilidade da legislação em questão, identificou-se um outro grupo de especialistas, integrado por representantes do setor produtivo e do setor público. Poder econômico e poder político costumam andar juntos e, neste caso, a situação não se mostra diferente. Essa legislação foi elaborada em conjunto, com os produtores (leia-se ABINEE), órgãos ambientais estaduais e o Ministério do Meio Ambiente/IBAMA (federal).

Observou-se que o texto foi elaborado para atender às partes interessadas: *“Quanto à aplicabilidade, procurou-se elaborar um texto que pudesse ser seguido e atendido pelas partes interessadas.”* Cabe aqui uma pergunta – **Quem seriam as partes interessadas?**

Constatou-se, também, a existência de uma questão polêmica, quanto à competência legislativa do CONAMA. Para alguns especialistas, essas resoluções não têm força de lei, havendo uma grande diferença no que tange à sua aplicação. Neste ponto, há muitas divergências de opinião. Cabe aqui, uma nova pergunta: – **Nesse caso, então, qual seria a finalidade de uma resolução do CONAMA?**

Conforme o exposto, este grupo de especialistas acredita que, em função desta Resolução ter sido amplamente discutida entre os setores envolvidos, todas as vertentes foram estudadas, no que se refere a sua aplicabilidade. Entretanto, deve-se observar que uma parcela de vital importância para que o sistema funcione não foi consultada e, nem ao menos, comunicada devidamente: a população consumidora.

Um dos fatores básicos apontados por esse grupo para tornar a legislação aplicável é a disponibilização de recursos financeiros das empresas geradoras/importadoras/distribuidoras. Disponibilização de recursos financeiros, acredita-se, depende de vontade política. **Se os mesmos fornecedores conseguem disponibilizá-los em outros países, quando isso é exigido, por que não conseguiriam fazê-lo aqui?** Os fabricantes afirmam que estão fazendo sua parte, ou seja, se adequando para cumprir o determinado pela Resolução e que é necessário que o governo também faça a sua parte, o que significaria, ao menos, a fiscalização. Quanto ao engajamento dos atores envolvidos, o mesmo só seria viável se a população consumidora fosse informada, conscientizada e educada nesse sentido e se um sistema de coleta eficiente desses resíduos fosse instituído.

A conscientização e a educação ambiental deveriam ser iniciadas no ensino fundamental, quando as pessoas estão adquirindo seus princípios e sua personalidade está em formação. Nessa fase, toda a informação é absorvida com facilidade. É assim que acontece nos países desenvolvidos. Não adianta fazer uma lei para poucos, da qual somente uma elite tenha conhecimento. Na Suécia por exemplo, a educação ambiental e a orientação para coleta seletiva de resíduos iniciam-se na pré-escola, com crianças a partir de três anos de idade. É muito mais fácil educar uma criança do que um adulto. Para que um sistema de gerenciamento funcione na prática, é necessário que o mesmo comece a ser trabalhado na base da pirâmide social, não ficando restrito apenas ao topo. No Brasil, além da falta de estrutura, falta comunicação e educação adequadas.

Algumas das ameaças mais sérias à comunicação eficiente, para a comunidade como um todo, dizem respeito aos valores de poder, riqueza e respeito. É possível que os exemplos mais nítidos de distorção, com origem no poder, ocorram

quando o conteúdo da comunicação é deliberadamente ajustado a uma ideologia ou contra-ideologia. As distorções relacionadas com a riqueza têm origem, não apenas, em tentativas de influenciar o mercado, por exemplo, mas também, em concepções rígidas de interesse econômico⁶⁷.

(b) *Com referência ao conteúdo da referida legislação, do ponto de vista de saúde pública e ambiental*, observou-se que os pontos de vista dos especialistas divergem, na mesma medida de sua procedência, conforme o constatado na questão anterior (a): de um lado, estão os especialistas ligados à pesquisa acadêmica e os ambientalistas, não vinculados ao setor produtivo e, de outro, os especialistas provenientes do setor produtivo e do setor público.

Para o primeiro grupo de especialistas, de um modo geral, a legislação vigente no Brasil sobre o tema, embora represente um grande avanço, não é uma solução definitiva e necessita ser aprimorada. Do ponto de vista sanitário e ambiental, todos os tipos de pilhas e baterias deveriam ser coletados separadamente e tratados ou dispostos de maneira adequada. *“A lei precisa aumentar seu rigor quanto ao tratamento pós-venda, de todos os tipos de pilhas e baterias”*.

Conforme o exposto anteriormente, as legislações de outros países (considerados desenvolvidos) são muito mais rígidas e detalhadas quanto a esta questão. Acrescente-se a isto o fato de lá existir uma fiscalização rigorosa, um alto grau de conscientização ambiental e um nível elevado de educação da população.

Alguns artigos da Resolução CONAMA 257/99 são baseados na legislação da União Européia. *“O artigo quinto é exatamente o da Comunidade Européia, os mesmos da Alemanha, Holanda e França...”*⁹⁸. Ocorre, porém, que o referido artigo trata dos limites dos teores de cádmio, mercúrio e chumbo para a fabricação, importação e comercialização das pilhas e baterias, a partir de 1º de janeiro de 2000. Conforme se constatou, no Brasil esses produtos, em sua grande maioria, são de origem estrangeira. Quando importados legalmente, ou mesmo fabricados no Brasil por empresas multinacionais, já atenderiam a essas especificações, mesmo antes da

publicação da Resolução. A medida não resolve o problema dos produtos que são introduzidos ilegalmente no país e, tampouco, atingem o mercado informal.

Uma vez mais, fica comprovada a ineficácia da legislação ao se tentar, simplesmente, copiá-la de outros países e aplicá-la no Brasil, país de dimensões continentais, com uma população de características culturais, políticas e socioeconômicas tão distintas e, que apresenta uma realidade de mercado completamente diferente. Além disso, a Resolução CONAMA 257/99 encontra-se defasada, em relação à Legislação Européia na qual foi baseada (decreto nº 97-1328, de 30 de dezembro de 1997, França), uma vez que aquela já está ultrapassada, tendo sido posteriormente completada pelo decreto 98/101, de 28 de dezembro de 1998, introduzindo a redução dos teores limites de mercúrio. Na Europa, o decreto nº 97-1328, de 30 de dezembro de 1997, foi substituído pelo decreto 99374, de 12 de maio de 1999, e modificado pelo decreto 99-1171, de 31 de dezembro de 1999⁷⁵.

O comentário de que *“Um lobby muito forte dos fornecedores/fabricantes deve ter abrandado o rigor da lei brasileira..”* refere-se à generosidade de nossa legislação, ao permitir o descarte de outras baterias contendo elementos tóxicos juntamente com o resíduo sólido comum. Não é explicitada também a relação entre os riscos à saúde pública e ambiental e o manuseio e descarte incorreto de pilhas e baterias. Todos os tipos de pilhas e baterias são considerados resíduos especiais e, como tais, deveriam ser coletados separadamente para posterior tratamento e disposição final adequados, independente de seu conteúdo, como ocorre em países desenvolvidos.

Do ponto de vista de saúde pública e ambiental, considera-se inadmissível que as baterias de Ni-MH possam ser descartadas juntamente com o resíduo urbano comum. Além do níquel, um elemento comprovadamente carcinogênico, podem conter elementos altamente tóxicos como cromo, antimônio, estanho, entre outros, os quais nunca são identificados pelos fabricantes, uma vez que as variáveis da liga metal hidreto são muitas e que se trata de um “segredo industrial”. As baterias de lítio também contêm outras substâncias tóxicas e devem ser coletadas, tratadas e

dispostas adequadamente. A legislação brasileira permite ainda o descarte indiscriminado de pilhas do tipo botão, independente de seu conteúdo que, aliás, nunca se encontra identificado.

Mesmo quanto ao destino final das pilhas e baterias regulamentadas na legislação brasileira, há vozes dissonantes. A professora Franceline Pantoja Diehl, da *Universidade Federal de Santa Catarina*, com base na interpretação sistemática das Resoluções 257/99 e 263/99 do CONAMA, afirma que todas as pilhas e baterias que contenham quaisquer níveis de mercúrio, cádmio, chumbo e seus compostos devem ser recolhidas pelos comerciantes, que devem repassá-las à indústria, a não ser que o próprio comerciante tenha condição de dar a elas o destino final adequado¹⁸⁷.

No Brasil, verifica-se a necessidade de se estabelecer sistemas de incentivo fiscal para favorecer a coleta seletiva. Locais específicos (aterros especiais) para estes materiais devem ser implantados, enquanto não se desenvolve um sistema de reciclagem economicamente viável. A legislação, tanto no Brasil como nos Estados Unidos, privilegia mais o aspecto econômico do que os aspectos sanitários e ambientais, no que se refere à reciclagem.

Uma diferença de situação entre esses dois países, no entanto, é que se a reciclagem das pilhas e baterias de zinco-carbono e das alcalinas de manganês não compensa do ponto de vista econômico, nos Estados Unidos esses resíduos são tratados e dispostos adequadamente. No Brasil, por outro lado, o destino final é o resíduo urbano comum. Outra diferença é que nos Estados Unidos estão disponíveis tecnologias e plantas de reciclagem para todos os tipos de pilhas e baterias. Na União Européia e no Japão, todos os tipos de pilhas e baterias devem ser coletados e é dada preferência à reciclagem do material, sempre que possível, antes de se tomar a decisão de tratamento e disposição final adequada, independente da reciclagem ser, ou não, uma atividade econômica lucrativa. Também nesses países, as tecnologias para reciclagem de todos os tipos de baterias existentes no mercado estão disponíveis.

No Brasil, pelo fato de a reciclagem desses produtos não ser lucrativa em curto prazo e de o programa de coleta não ser auto-sustentável, cada fabricante procede da maneira que lhe é mais conveniente, apenas para cumprir a legislação. Nos países pesquisados, os produtores mantêm uma associação (sem fins lucrativos), que se responsabiliza pela coleta, tratamento e/ou disposição final desses produtos, independente de marca e tipo, conforme o determinado pelas respectivas legislações.

Foi visitada uma empresa recicladora, localizada no Estado de São Paulo, que começou suas atividades produzindo óxidos e sais metálicos para indústrias de colorifício cerâmico, refratária, agropecuária, tintas e química, através de metais nobres, e desenvolveu tecnologia própria para a reciclagem de pilhas e baterias. Com o crescimento da concorrência, a solução foi buscar outros produtos, dos quais se pudessem extrair diversos metais, como lodos de ETEs (Estações de Tratamento de Efluentes), lodos galvânicos, sais de têmpera, catalisadores exaustos, lamas metálicas e outros resíduos ricos em metais, como cromo, cobre, níquel, zinco, cobalto etc. Confirmada a viabilidade econômica do processo e obtidos todos os licenciamentos necessários para a atividade, iniciaram a produção e hoje possuem tecnologia para processar e retirar metais de todos os resíduos inorgânicos, inclusive de pilhas e acumuladores exauridos de todos os tipos.

No que diz respeito às baterias portáteis de Ni-Cd, Ni-MH e Li-íon, a única diferença entre essas e as baterias automotivas e industriais é o tamanho. As baterias são desmontadas manualmente e os metais componentes das células separados por processo químico. Já no caso das pilhas comuns e alcalinas, o reprocessamento e o produto final obtido, bem como sua colocação no mercado, são os mesmos: sais e óxidos metálicos. A empresa cobra R\$ 980,00 por tonelada, do cliente que envia as baterias para reciclagem. O projeto é economicamente viável, visto que a empresa já possuía uma estrutura montada, tendo sido necessárias apenas algumas adaptações. Caso contrário, não compensaria, segundo seu diretor industrial. Essa é uma empresa de pequeno porte, com uma capacidade de produção total instalada de 1,1 mil ton./mês, sendo aproximadamente 50 ton./mês a partir de baterias industriais e 25 ton./mês a partir de pilhas e baterias portáteis.

Apesar da empresa se considerar capacitada para atender às necessidades do mercado, seus dirigentes acreditam que, no princípio, apenas uma quantidade muito pequena de pilhas e baterias portáteis será encaminhada para reprocessamento. Uma situação que deve se perdurar até que haja conscientização das pessoas para não dispô-las no lixo comum, uma fiscalização efetiva e um sistema de coleta eficiente desses resíduos. Algumas iniciativas já vêm sendo implantadas, mas ainda de forma tímida e localizada. Enquanto isso não acontece, muito ainda será descartado indevidamente, na opinião dos entrevistados.

Ainda com referência à questão do conteúdo da referida legislação, do ponto de vista sanitário e ambiental, opiniões divergentes das primeiras foram observadas no grupo integrado por representantes dos setores produtivo e público. Para este grupo de especialistas, essa Resolução tem um caráter de prevenção, visto que *“...não há estudos relacionando problemas ambientais ou de saúde pública, com o descarte sem controle de pilhas e baterias, no meio ambiente...”*. Admite-se que alguns desses produtos têm um certo potencial poluidor, por conter em sua composição algumas substâncias tóxicas (metais pesados). Entretanto, entendem que na maioria dos casos as concentrações dessas substâncias tóxicas são muito pequenas, não sendo possíveis de serem eliminadas dos produtos.

Embora concordem que deveria haver maior participação do governo na elaboração de um sistema de coleta eficiente e, também, maior conscientização da população através de campanhas de informação, a inclusão de outros tipos de pilhas e baterias na regulamentação tornaria seu cumprimento economicamente inviável. Basta que os produtos “considerados perigosos” sejam descartados corretamente e dispostos de maneira adequada, como determina a Resolução do CONAMA.

De acordo com o apurado na revisão bibliográfica e documental desta pesquisa, as pilhas e baterias, uma vez utilizadas e descartadas, passam a ser consideradas como resíduos sólidos perigosos e, portanto, deveriam ser coletadas, tratadas e dispostas adequadamente. Do ponto de vista químico, mesmo as pilhas e baterias que contenham em sua composição alguns elementos presentes em sua forma menos tóxica, quando são descartadas de maneira inadequada tendem a vazar ou a explodir. Esses elementos são então liberados e influenciados por vários fatores

de natureza físico-química, como pH, temperatura, umidade, entre outros. E podem reagir ou interagir com outras substâncias presentes no ambiente, formando compostos altamente tóxicos ou mesmo letais. (O pH do resíduo urbano, por exemplo, é ácido com valores próximos a 5,5).

Além disso, o crescente consumo deste tipo de material está diretamente associado à evolução tecnológica de nossa sociedade⁴⁸. Acredita-se que o aumento do volume de pilhas e baterias descartadas (mesmo quando dentro das especificações) possa estar ultrapassando, ou vir a ultrapassar o limite considerado seguro de concentração de metais tóxicos, para a preservação ambiental e para a proteção da saúde pública. Por isso nos Estados Unidos, Canadá, Japão e principalmente na União Européia, todos os tipos de pilhas e baterias devem ser coletados, tratados e/ou dispostos adequadamente.

Para este grupo de especialistas, o radicalismo de alguns setores da sociedade, exigindo maior rigor na legislação, acaba por inviabilizar propostas extremamente importantes. Acreditam que, graças ao trabalho árduo do setor industrial em pesquisa e desenvolvimento, as pilhas comuns e alcalinas comercializadas pelas indústrias representadas pela ABINEE já atendem aos limites estabelecidos pelo CONAMA para 2001, podendo ser descartadas junto com o resíduo comum. O mesmo ocorre com as pilhas e baterias especiais compostas pelos sistemas de Zn-ar, Ni-MH, Li-íon, de Lítio, assim como as do tipo botão ou miniatura. Segundo sua opinião, essas pilhas e baterias não produzem nenhum dano e também podem ser dispostas juntamente com o resíduo comum.

Embora praticamente toda a pesquisa e desenvolvimento nesse sentido tenham sido realizados fora do Brasil, nas matrizes dos fabricantes e a tecnologia para controlar e reduzir o nível de poluentes desses produtos tenha chegado pronta para ser adaptada aos processos de fabricação aqui utilizados, considera-se louvável o progresso alcançado no país até aqui: – Mas e o mercado informal? – E, conforme se pode apurar, o cumprimento dos requisitos quanto aos teores limites de certos metais não exime os fornecedores, em outros países, da responsabilidade pelos resíduos gerados por seus produtos pós-consumo, mesmo aqueles que não têm seus

teores especificados pela legislação.

De uma maneira geral, este grupo considera que não há comentário a fazer sobre melhorias e que, quando a *Política de Resíduos Sólidos**, em fase final de elaboração, for votada pela Câmara dos Deputados e transformada em lei, esta sim terá de ser cumprida e então poderá modificar o cenário das Resoluções sobre o tema atualmente vigentes no Brasil.

Na referida *Política Nacional de Resíduos Sólidos*, as pilhas, baterias e outros acumuladores de energia enquadram-se como resíduos especiais na categoria de resíduos tecnológicos destinados a uso pelo consumidor, que após o encerramento de sua vida útil, por suas características, necessitem de destinação final adequada. No Art.88 da Subseção IX, da Seção III, que trata dos resíduos especiais, fica determinado que: *“Os fabricantes e importadores de aparelhos eletrodomésticos ou eletrônicos, (...), pilhas, baterias e outros acumuladores de energia, (...), são responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos gerados por esses produtos.”*

O seu Art. 89 do mesmo documento complementa: *“Além das demais disposições aplicáveis, os fabricantes e importadores serão responsáveis pelo gerenciamento dos produtos que necessitam de disposição final específica, sob pena de causar danos ao meio ambiente e à saúde pública, tais como: (...), baterias, pilhas e outros acumuladores de energia,(...)”*.

A proposta da *Política Nacional de Resíduos Sólidos*, encaminhada para votação da Câmara dos Deputados, em Brasília, é mais abrangente do que as Resoluções do CONAMA ora em vigor, mas não é específica para os resíduos constituídos por pilhas e baterias usadas. Mesmo sendo aprovada, necessita de legislação complementar que regule esses resíduos especiais de maneira mais explícita. Nesse caso, talvez uma Resolução do CONAMA, atualizada e ampliada com os ajustes necessários, passe a ter força de lei e venha a solucionar a questão de maneira mais satisfatória.

* Política Nacional de Resíduos Sólidos – Relatório preliminar, apresentado à Câmara dos Deputados, em Brasília, em 2001.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho de pesquisa investigou-se a situação dos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas, no município de São Paulo – SP, com o objetivo de se fazer uma avaliação da eficácia da legislação vigente no Brasil (Resoluções CONAMA nº 257/99 e nº263/99) referente ao tema, quanto a sua aplicabilidade e quanto ao seu conteúdo, do ponto de vista de saúde pública e ambiental.

Para a avaliação da referida legislação, quanto a sua aplicabilidade, utilizou-se a metodologia da análise qualitativa, de caráter exploratório, empregando-se a técnica do *Discurso do Sujeito Coletivo*.

Pôde-se constatar a ineficácia da legislação vigente junto à população consumidora e aos revendedores, devido a três razões principais:

- falta de comunicação;
- falta de uma estrutura de coleta eficiente e de gerenciamento desses resíduos;
- falta de fiscalização.

A população consumidora demonstrou total desconhecimento da existência da legislação em questão, enquanto que os revendedores revelaram conhecer sua existência, mas não seu conteúdo. Os principais motivos identificados para a falta de conhecimento foram a falta de divulgação e falta de informação à população e ao setor varejista. Por outro lado, verificou-se que a eventual falta de interesse por parte dos revendedores, além da carência de informação, é proveniente em parte da inexistência de fiscalização.

Apesar da falta de conhecimento da legislação, observou-se que uma parcela considerável da população possui a consciência do problema. Cabe aqui salientar que a seleção da amostra foi intencional, com objetivo de pesquisar indivíduos que, teoricamente, teriam maior acesso à informação. Mesmo essas pessoas admitiram descartar suas pilhas e baterias usadas junto com o resíduo doméstico comum, por falta de outra alternativa. Muitas delas vão acumulando os resíduos em suas casas

(procedimento considerado perigoso), esperando por uma solução, mas terminam por descartar tudo de uma vez junto com o resíduo comum, o que pode provocar um impacto ambiental ainda maior.

Este fato demonstra que a simples existência de uma lei, independente de seu conteúdo, não é suficiente para que a mesma seja conhecida e, muito menos, cumprida. Ficou claro que o elo que está faltando, para que se possa dar uma continuidade ao processo, é a falta de um sistema de coleta eficiente, de fácil acesso e bem divulgado à população. Neste caso, além da informação, mostra-se necessário um mecanismo capaz de viabilizar o cumprimento da legislação e de operacionalizar um sistema de gerenciamento desses resíduos.

Os entrevistados foram unânimes em opinar que a melhor maneira de informar sobre os riscos do descarte inadequado desses resíduos, e de divulgar os procedimentos corretos a serem efetuados, seria por *“propaganda mais eficiente, através dos meios de comunicação de massa e de divulgação em locais públicos”*. Considera-se também de grande importância que estas informações estejam presentes nas embalagens, de maneira bem compreensível e visível. Constatou-se que a divulgação tem sido feita apenas em publicações especializadas, dirigidas a setores específicos. Recomenda-se que a população consumidora, elemento vital para que o sistema funcione, também seja informada para que possa participar ativamente. Com referência à educação e conscientização ambiental da população, a maneira mais eficiente de promoção seria iniciá-la na pré-escola e no ensino elementar.

Verificou-se que, mesmo os produtos já fabricados dentro das especificações das resoluções que regulamentam as pilhas e baterias estão sendo comercializados com informações imprecisas, geralmente em códigos de difícil assimilação para um leigo e, muitas vezes, em idioma estrangeiro. Muitos desses produtos não trazem, sequer, o nome do fabricante e muito menos as indicações de seu conteúdo. Apesar do que determina a legislação, concluiu-se que o destino de quase todas as pilhas e baterias usadas, com exceção de uma parte das baterias de telefone celular, é o resíduo urbano comum. Recomenda-se também a informação e orientação ao setor

varejista, no sentido de adotar os procedimentos corretos, receber de volta o material usado de seus clientes e devolvê-los ao fornecedor.

Por outro lado, verificou-se grande conhecimento da legislação por parte dos fornecedores (fabricantes e importadores). Porém, pode-se constatar a existência de obstáculos opostos à comunicação, de modo deliberado como, por exemplo, interesses econômicos. Cada fornecedor procede de acordo com suas conveniências para cumprir às regras que, de certa maneira, foram estabelecidas por eles mesmos, através de um forte *lobby* para defender seus interesses.

A legislação em questão é conhecida por poucos especialistas, os quais, de alguma maneira, estão relacionados com o tema. Assim sendo, conclui-se que essa resolução torna-se de pouca utilidade pela ignorância (ausência de conhecimento) da população consumidora e dos revendedores (setor varejista). Esta situação constitui um fator influente, cujas conseqüências neste caso são a ineficácia da legislação quanto à sua aplicabilidade.

A falta de fiscalização abrange tanto o cumprimento das Resoluções em questão, quanto a entrada e comercialização ilegal no país, de pilhas e baterias de origem desconhecida, falsificadas ou fora das especificações. No caso das baterias de celulares, estima-se que atualmente cerca de 60% desses produtos comercializados no Brasil são falsificados ou contrabandeados, sendo quase impossível diferenciar o falso do verdadeiro. No caso dos ambulantes, todas as pilhas e baterias encontradas no levantamento exploratório pertencem a essa categoria. Com referência às baterias do tipo botão, as mesmas não possuem nenhuma identificação quanto ao conteúdo, marca, procedência etc.

Com referência à aplicabilidade da Legislação sobre Pilhas e Baterias vigente no Brasil, a opinião de especialistas ligados à pesquisa acadêmica, e de ambientalistas sem interesses econômicos diretos no setor produtivo, coincide basicamente com a opinião da população consumidora e dos revendedores, embora estes dois últimos não tenham conhecimento da legislação: - *“A Legislação é um bom começo e não uma solução definitiva. Uma lei, por si só, não basta para que o*

sistema funcione.” As deficiências apontadas foram praticamente as mesmas. Faltam divulgação, informação, conscientização e educação da população, além de estrutura de coleta e, principalmente, fiscalização, sem esquecer da fundamental participação de todos os setores envolvidos.

Constatou-se uma divergência de opiniões quando foram consultados especialistas oriundos do setor produtivo e do setor público, ou seja, aqueles que possuem interesses econômicos diretos na questão. De acordo com esse primeiro grupo, *“Quanto à aplicabilidade, procurou-se elaborar um texto que pudesse ser seguido e atendido pelas partes interessadas...”* Esta afirmação, ao invés de levar a uma conclusão, gera uma pergunta: – Quais seriam, no caso, as partes interessadas?

Este grupo de especialistas entende ainda que *“A legislação brasileira está entre as mais avançadas do mundo”*.... e que, se for cumprida da maneira como está, já será uma grande contribuição e um progresso no gerenciamento dos resíduos sólidos. Não recomenda modificações em seu texto, pois seria uma luta improdutiva, tornando-a economicamente inviável de ser cumprida e indo contra um *lobby* muito forte na defesa desses interesses (segundo suas palavras). Os fabricantes afirmam que estão fazendo sua parte, ou seja, adequando-se para cumprir o determinado pela Resolução e que é necessário que o governo também faça a sua parte, a fiscalização.

Constatou-se também a existência de uma questão polêmica quanto à competência legislativa do CONAMA. Para alguns especialistas, essas Resoluções não têm força de lei. Neste ponto há muitas divergências de opinião. Cabe aqui uma outra pergunta: – Nesse caso, qual seria então a finalidade de uma resolução do CONAMA?

A idéia de que a eficácia da Resolução está basicamente ligada, entre outros fatores, à disponibilização de recursos financeiros empresariais e da fiscalização dos Órgãos Ambientais, leva a uma nova pergunta: – Se os mesmos fornecedores conseguem disponibilizá-los em outros países, quando isso é exigido, por que não conseguiriam fazê-lo aqui?

Devido às características peculiares do mercado brasileiro, e também à falta de fiscalização para que se consiga conduzir um sistema eficiente e economicamente viável, de gerenciamento dos resíduos gerados por todos os tipos de pilhas e baterias usadas, independente de tipo ou marca, recomenda-se que seja feita uma parceria entre o setor produtivo e o governo, sendo este último o responsável pela parcela do mercado informal, enquanto não se resolve o problema da fiscalização. Para tanto, seria recomendável que cada fornecedor produzisse um relatório anual, contendo o volume de sua produção e de material coletado no período.

Além do incentivo fiscal para o gerenciamento, incluindo coleta, transporte, armazenamento, tratamento, reciclagem e disposição final, seria importante um incentivo econômico à população, para promover a devolução de suas pilhas e baterias usadas. A coleta, nesse caso, poderia ser feita nos estabelecimentos que comercializam esses produtos e nos seus postos de serviços de assistência técnica, em escolas, instituindo-se prêmios para as que obtivessem maior desempenho na arrecadação.

Do ponto de vista de aplicabilidade da Resolução em estudo, conclui-se que simplesmente copiar legislações de outros países, onde já existe um sistema de gerenciamento implementado e uma fiscalização efetiva, não é a solução para resolver o problema no Brasil. É necessário levar em consideração a realidade atual brasileira, incluindo aspectos relevantes tais como os políticos, culturais, sócioeconômicos, mercadológicos, legais, ambientais, sanitários, tecnológicos, entre outros. No entanto, seria recomendável que se seguisse o exemplo daqueles países onde se utiliza um sistema de gerenciamento integrado desses resíduos, com a participação de todos os fornecedores, para encontrar uma solução economicamente viável para o problema como um todo.

Do ponto de vista de saúde pública e ambiental, conclui-se ainda que todos os tipos de pilhas e baterias, quando esgotada sua capacidade energética, são considerados resíduos perigosos, devendo portanto, no caso do Brasil, ser coletados

separadamente, transportados, armazenados, tratados e dispostos de maneira adequada, apesar da divergência de opiniões encontradas.

Embora haja uma corrente que afirme que as Resoluções do CONAMA são de caráter preventivo, é necessário considerar que os efeitos à saúde, da disposição inadequada de pilhas e baterias exauridas, não são observados em curto prazo e quando ocorrerem, podem ser irreversíveis, destacando-se o caráter de risco.

No Brasil, a coleta de todos os tipos de pilhas e baterias, independente de marca ou conteúdo, é recomendável devido a diversos fatores importantes. Entre vários, pode-se citar: a insuficiência de estudos realizados sobre os riscos ambientais e sanitários, que as baterias dos tipos Ni-MH e Li-íon representam; a existência de uma grande quantidade das baterias de celular comercializadas no país (mais de 50%) falsificadas ou contrabandeadas, o mesmo ocorrendo com todos os outros tipos de pilhas e baterias; o crescente consumo desse tipo de material e conseqüente aumento do volume de descarte, com a possibilidade de vir a ultrapassar a concentração de metais tóxicos considerada segura, permitida em cada pilha ou bateria de maneira individual; a grande dificuldade no processo de conscientização da população, no sentido de uma coleta seletiva diferenciada para apenas determinados tipos de pilhas e baterias, devido aos inúmeros tipos e marcas existentes; a ausência de identificação em grande parte dos produtos; a falta de fiscalização e o baixo (ou nenhum) nível de escolaridade de grande parte da população consumidora.

Conclui-se que a promoção de uma ampla e constante campanha de educação ambiental e de conscientização para o problema, além da instituição de um programa de coleta eficiente, abrangente, de fácil acesso e bem divulgado à população, são peças fundamentais para que a mesma possa participar.

Existem bons modelos de gerenciamento a serem seguidos. Tecnologias de tratamento, reciclagem ou disposição final desse material estão disponíveis, mundialmente. A legislação precisa ser aprimorada e há necessidade de uma

fiscalização efetiva por parte dos órgãos competentes, para que a lei seja cumprida. Devem ser criados incentivos fiscais e econômicos para viabilizar o sistema.

A participação de todos os setores da sociedade é fundamental. O governo, as organizações não governamentais, o setor produtivo, o setor varejista, a população consumidora, as instituições de ensino, cada um tem um importante papel a cumprir. Neste contexto inclui-se a Faculdade de Saúde Pública da USP, com a missão de ampliar as investigações, não apenas em relação aos aspectos técnicos, ambientais e sanitários, como também quanto aos aspectos sociais relacionados à questão.

Este trabalho não pretendeu esgotar o assunto e sim servir de ponto de partida, fornecendo subsídios para novas pesquisas referentes ao tema, de maneira a contribuir para um acompanhamento, dos avanços tecnológicos e de suas conseqüências para nossa sociedade.

Para finalizar, fica a sugestão de que este estudo seja refeito, dentro de alguns anos, visando avaliar:: o amadurecimento da população com referência à questão das pilhas e baterias usadas; a evolução da legislação brasileira referente ao tema e de seus mecanismos de aplicação efetiva; a evolução tecnológica das próprias pilhas e baterias; e o surgimento de eventuais estudos de impacto ambiental direto, decorrente do descarte de maneira inadequada e sem controle desses produtos.

8. REFERÊNCIAS

1. Adorno, RCF & Castro, AL **O exercício da sensibilidade: pesquisa qualitativa e a saúde como qualidade – Saúde e Sociedade**; São Paulo: USP; 1994, 3.
2. Afonso JC. [Entrevista concedida à pesquisadora durante a **Semana da Química** – Departamento de Química Analítica, do Instituto de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)]. – Rio de Janeiro; 2001 ago.
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ASTDR. **ToxFAQs™ for Cobalt**. September 1995. Disponível em: <URL: Disponível em: <URL: <http://www.astdr.cdc.gov/toxfaq.html>> [2002 Jan].
4. Agency for toxic Substances and Disease Registry. U.S. Dept. of Health. **ToxFAQs**. [online]. Washington (DC): ASTDR; 2002. Disponível em: <URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/>> [2002 Jan]. [**About ToxFAQs™** *The ATSDR ToxFAQs™ is a series of summaries about hazardous substances developed by the ATSDR Division of Toxicology. Information for this series is excerpted from the ATSDR Toxicological Profiles and Public Health Statements. Each fact sheet serves as a quick and easy to understand guide. Answers are provided to the most frequently asked questions (FAQs) about exposure to hazardous substances found around hazardous waste sites and the effects of exposure on human health. Each ToxFAQs™ is available in both the standard HTML format below or in the PDF format which provides the familiar two page print version widely used at community meetings and distributed via our mailing list*]. Disponível em: <URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>> [2002 Feb].
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. United States Public Health Service. **Toxicological Profile for Manganese**. [online].USA: **ASTDR/Eco-USA.net**; 1992 Jul. Disponível em:<URL: <http://www.eco-usa.net/toxics/mang.shtml>> [2002 Jan].
6. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. **ZINC** (1994).**Toxicological profile for zinc**. Atlanta, GA: -ASTDR. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service; 1995; [online]. (ToxFAQs™ for Zinc – Atlanta, September 1995). Disponível em: <URL: <http://www.doane.edu/crete/academic/science/chem/Tox/Zn.html>> [2002 Jan].
7. Argumentos de FHC - Contexto - **Revista Veja** - São Paulo: ABRIL;2000 out.24.
8. Associação Brasileira das Indústrias Elétricas e Eletrônicas. **EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA DE PILHAS NO BRASIL**. São Paulo: ABINEE;1994.

9. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Fórum Nacional de Normatização**. São Paulo: ABNT; 1987 set.
10. ASTDR. **ToxFAQs™ for Chromium** CAS# Chromium (III) 16065-83-1; Chromium (IV) 18540-29-9. USA; February 2001 [online]. Available from: <URL: <http://www.astdr.cdc.gov/toxfaq.html>>
11. **ATSDR** - Agency for Toxic Substances and Disease Registry - U.S. Dept. of Health. Disponível em: <URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/>> [2002 Jan].
12. Barandas APMG– **Estudo do Processamento de Pilhas Usadas**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro;2000.
13. Becker HS. **Métodos de Pesquisa em Ciências Sociais**. São Paulo: Hucitec; 1993.
14. Bidone FRA., Povinelli J. – **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos, SP, (BR): EESC-USP;1999.
15. Branco SM. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. 3ª. edição. São Paulo; 1986.
16. Brasil. **Resolução 257, de 30.6.1999**: dispõe sobre critérios a serem adotados para fabricação, importação, comercialização de pilhas e baterias, bem como o gerenciamento dos resíduos gerados por pilhas e baterias usadas. **Diário Oficial da União**, Brasília (DF), 22 jul. 1999./Brasil. **Resolução 263, de 12.11.1999**: complementa a resolução CONAMA 257/99 sobre pilhas e baterias. **Diário Oficial da União**, Brasília (DF), 12.11.1999.
17. Bristol University. Lithium Toxicology. In: **Emergency Department Handbook**. [online]. Bristol (UK): United Bristol Health Care; 2001. Disponível em :<URL: <http://www.ubht.org.uk/edhandbook/Toxicology/lithium.htm>> [2001 Dec].
18. Budavari, S. (ed.). **The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals**. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc.; 1996. 1116
19. **BYD BATTERY CO., LTD. BYD BATTERIES TECHNICAL HANDBOOK**. China; 2001 Jan.
20. Cádmió. In: **O consumidor e a segurança alimentar**. [online].Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.deco.proteste.pi/sabordosaber/cap3/cadmio.htm>> [2002 fev.].
21. Callahan, MA, MW, Slimak NW, Gabel, et al. **Water-Related Environmental Fate of 129 Priority Pollutants**. Volume I. EPA-440/4 79-029a. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, December 1979.,p. 15-6]

22. Castellan GW. **Fundamentos de Físico-Química**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A; 1995.
23. CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Cadernos de reciclagem: o papel da prefeitura**. Rio de Janeiro: IBAM/CEMPRE; 1993.
24. Centro de Tecnologia Mineral. “Reciclagem de Pilhas Secas”, **Relatório Interno**. Rio de Janeiro: CETEM;1999.5p.
25. Centro Nacional de Informação Geográfica. **Efeitos do chumbo no ambiente**. Portugal: CNIG; 2000. Disponível em: <URL: http://www.cnig.pt/observa/3versao/c_fra...tes/chumbo.html> [2001 ago.].
26. CERCLA. **(TOP 20)** complete list of 275 substances is obtained from an annual evaluation fulfilling the conditions of CERCLA section 104 (i), as ammended, which requires ATSDR and EPA to revise the Priority List of Hazardous Substances periodically to include additional hazardous substances. Further information the evaluation process and the complete set of 275 substances on the Priority List of Hazardous Substances for 1999 can be accessed at /99list.html. Available from: <http://www.astdr.cdc.gov/astdrhome.html>>.[2002 Jan.].
27. Cheng MH et al. **Heavy metals uptake by activated sludge**. [J.Water Pollut. Control Fed.]. USA; 1975. 47: 362-76.
28. Chevet, MB. Collecte et recyclage des piles et accumulateurs: La filiere a du mal démarrer – **Le Courrier de L’environnement**. n° 392, lundi, 2001 jan. 15.
29. Chumbo.In: **O consumidor e a segurança alimentar**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: <http://www.deco.proteste.pi/sabordosaber/cap3/chumbo.htm>> [2002 fev].
30. Companhia Estadual de Tecnologia Ambiental. **Considerações sobre os componentes potencialmente perigosos do resíduo urbano**. São Paulo: CETESB; 1995.
31. Cornellis R. **Speciation of Trace Elements in Man**. [Research at the rug online]. University of Ghent - Faculty of Science. Analytical Chemistry. WE08Vb. Netherlands; 1999 Apr 6. Disponível em: <URL: <http://admin.rug.ac.be/Onderzoeksbeleid/techno/english/wetens/WE08Vb.htm>> [2002 Jan].
32. Cruz, R. , Proposta derruba cotação das ações das operadoras. **O Estado de São Paulo**; 2002 jan 23. Caderno Cidades.
33. CSANET. **Tabela Periódica: Chumbo**. [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.csanet.com.br/abcdaciencia/quimica/chumbo.htm>> [2001 set.].

34. CSANET. **Tabela Periódica: Cromo**. [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.csanet.com.br/abcdaciencia/quimica/cromo.htm>.> [2001 set].
35. CSANET. **Tabela Periódica:Cobalto**. [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.csanet.com.br/abcdaciencia/quimica/cobalto.htm>> [2001 set].
36. David J. **Technical and economical aspects of nickel-cadmium battery recycling**. France: SNAM; 1992.
37. Davis MA, Boyd RS, Cane JH. **Ni Hyperaccumulation and Defense in Streptanthus Polygaloides (Brassicaceae)**. [online]. Agricultural Research Service. USA: TEKTRAN. [2000 jan 21]. Disponível em: <URL: <http://192.54.138.54/ttic/tektran/data/000010/14/0000101465.html>> [2002 Nov].
38. DIETNET. **Vitaminas e Minerais: Cobalto**. [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.dietnet.com.br/vitaminas/cobalto.htm>> [2001 nov.].
39. Doull J, Klassen CD, Amdur MD. (eds.). **Casarett and Doull's Toxicology**. 3rd ed. New York: Macmillan Co., Inc., 1986. 276**PEER REVIEWED**
40. DURACELL. **Package Power-** Informe Duracell. USA; 1981.
41. Ellenhorn, MJ, Schonwald S, Ordog G, Wasserberger J. **Ellenhorn's Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning**. 2nd ed. Baltimore, MD. (USA): Williams and Wilkins; 1997. 1604**PEER REVIEWED**
42. Enciclopedia Microsoft(R). "**Níquel**". [online] Encarta(R). 99. (c) 1993-1998 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos. Disponível em: <URL: <http://averroes.cec.junta-andalucia.es/~41000764/Aznalcollar/tablap/niquel.html>> [2002 jan].
43. Encyclopedia.com from Electric Library. **Results for Indium**. [online]. **Encyclopedia.com/** is a service of Infonautics Corporation (Nasdaq:INFO) Copyright © 2001. Columbia Encyclopedia. 6th. Ed. All rights reserved. Disponível em: <URL: <http://www.encyclopedia.com/articles/06334.html>> [2002 Jan].
44. Encyclopedia.com from Electric Library. **Results for Manganese**. [online]. [Encyclopedia.com/online]. USA: **Columbia Encyclopedia**. 6th. Ed.; 2001. Copyright © 2001. Disponível em: <URL: <http://www.encyclopedia.com>> (Nasdaq Info). Infonautics Corporation (all rights reserved). Disponível em: <URL: <http://www.encyclopedia.com/articles/07986.html>>. [2002 Jan].

45. Encyclopedia.com/ from Electric Library. **Results for ZINC**. [online]. USA: **Columbia Encyclopedia**. 6th Ed.; Copyright © 2001. Disponível em: <URL: <http://www.encyclopedia.com/articles/14181.html>. [2002 Jan].
46. Environment Canada. "Used Batteries and the Environmental: A Study on the Feasibility of their Recovery". **Environmental Protection Series**. Report EPS 4/CE/1.1991 Mar.
47. Explosão dos celulares. **Revista Veja**. São Paulo, 1999 jul 14.
48. Federação das Indústrias do Rio de Janeiro. **GUIA PARA COLETA SELETIVA DE PILHAS E BATERIAS**. Rio de Janeiro: FIRJAN; 2000 out.
49. FOWLER, B.A. **Trace Elements in Human and Abnormal Nutrition**. New York; 1980.
50. Friberg L, Nordberg GF, Kessler E, Vouk VB (eds). /NICKEL VAPORS & DUST/. In: **Handbook of the Toxicology of Metals**. 2nd ed. Vols I, II.: Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.; 1986. p. V2473**PEER REVIEWED**
51. Gomes, JA. **Relatório sobre a Gestão Ambiental sobre Pilhas e Baterias**. São Paulo: 2000 jun.
52. Goyer RA – Toxic effects of metal. In: Klaasser, C. D. Amdur, M. °, Doull, J. ed. **Casaret and Doull's Toxicology**. 3rd Ed. New York: Macmillan Publishing Company.1986. p.582-635.
53. Grant WM. **Toxicology of the Eye**. 3rd ed. Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher,1986. 661**PEER REVIEWED**
54. Greene GU. **Cadmium compounds**. 2nd ed. New Mexico: New Mexico Institute of Mining and Technology;1980. v.3, p.819-911
55. Günther WMR. - **Contaminação ambiental por disposição inadequada de resíduos industriais contendo metais pesados: estudo de caso**. São Paulo, 1998. [Tese de doutorado – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].
56. HAMILTON, a & HARDY, H.L. Metals and Metalloids. In: **Industrial Toxicology**. 3rd Ed. EUA, Publishing Sciences Group, 1974. p.19-201.
57. Hartle RW, Albrect W; **Govt Reports Announcements & Index**. USA: (GRA & I) 23; 1987**PEER REVIEWED**
58. Hiller F. et al. **Entsorgung von Gerätebatterien**. 2.ed. Aufl. Berlin: Expert Verlag; 1992. p.41-45.
59. Huret Associates, Inc. **Status and Improvement in Rechargeables** [online].

- USA; 1999. Available from: <URL:
<http://www.huret.com/statusandimprovementsinrecchargeables.html>
60. Instituto de Defesa do Consumidor. Escolha sua pilha. **Revista Consumidor S.A.** São Paulo: IDEC; 1999 nov./dez.
 61. Instituto de Pesquisas Tecnológicas/Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Pilhas/baterias. In: **Manual de Gerenciamento Integrado.** São Paulo: CEMPRE; 1995.
 62. International Technical Information Institute. **Toxic and hazardous: industrial chemicals safety manual for handling and disposal with toxicity and hazard data.** Tokyo; 1977.
 63. Jodelet D. (org). **Les Représentations Sociales.** Paris: PUF; 1989.
 64. Kline K. **Zinc.** [online]. Healthwave. (All rights reserved). USA: Body Wise International; 1999. Disponível em; < URL:
<http://www.healthwave.com/ingredients/zinc.html>> [2001 Out].
 65. Lajis R. **The abuse and toxicity of zinc.** National Poison Centre, University Sains Malaysia, Penang. 1996. [online]. Available from: <URL:
<http://prn.usm.my/bulletin/sun/1996.html>> [2002 Jan].
 66. Lakatos, EM ; Marconi, MA. **Fundamentos da metodologia científica.** 3Ed. São Paulo: Atlas; 1994.
 67. Lasswell DH., The Structure and Function of Communication in Society. In: Lyman Bryson (org.), **The Communication of ideas.** New York: Harper & Brothers; 1948.
 68. Lefèvre F, Lefèvre AMC, Teixeira JJV. **O discurso do sujeito coletivo. Uma nova abordagem metodológica em pesquisa qualitativa.** 1ª ed. Caxias do Sul: Educs; 2000.
 69. Lefèvre F, Lefèvre AMC. **Princípios básicos e conceitos fundamentais do discurso do sujeito coletivo.** São Paulo: FSP-USP; 2001 set.
 70. Linakis J, Brett Eisenmesser - **e-Medicine Journal.** Rhode Island, USA Edited by Mark S Slabinski, Department of Emergency Medicine, Southeastern Ohio Regional Medical Center; 2001 Set 11. Vol.2, No.9. Disponível em: <URL: <http://www.pharmacology-info.com/>> [2001 Dec].
 71. Luna, SV. **Planejamento de pesquisa: uma introdução – elementos para uma análise metodológica.** São Paulo: EDUC; 2000.
 72. Mackison FW, Stricoff RS, Partridge LJ, Jr. (eds.). /Nickel & sol nickel compd/. In; **NIOSH/OSHA - Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards.** DHHS (NIOSH) Publication No. 81-123 (3VOLS). Washington, DC: U.S. Government Printing Office; 1981 Jan. 3. ****PEER REVIEWED****

73. Mackison, FW, Stricoff RS, Partridge LJ, Jr. (eds.). **NIOSH/OSHA - Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards**. DHHS(NIOSH) Publication No. 81-123 (3 VOLS). Washington (DC): U.S. Government Printing Office; 1981 Jan 2]**PEER REVIEWED**
74. Marks JG.Jr., DeLeo VA, **Contact and Occupational Dermatology**. St. Louis, MO (USA): Mosby Year Book 1992. 83**PEER REVIEWED**
75. Martin S., **Situation en matiere de piles et accumulateurs usages en France** – Département Filières et Produits- France, Note de juillet 99, actualisée le 14 février 2001.
76. Mendonça R. O paradoxo da miséria – **Revista VEJA**. São Paulo: Ed. Abril; 2002 jan. 23.
77. MERCK. **Tabela Periódica: Cádmi**o. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpiecd_fr.htm> [2001 nov.].
78. MERCK. **Tabela Periódica: Chumbo**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpiepb_fr.htm> [2001 set.].
79. MERCK. **Tabela Periódica: Índio**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpie/in_fr.htm> [2001 set.].
80. MERCK. **Tabela Periódica: Lantânio**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpie/in_fr.htm> [2001 Nov.].
81. MERCK. **Tabela Periódica: Lítio**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpie/in_fr.htm> [2001 Nov.].
82. MERCK. **Tabela Periódica: Manganês**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpie/mn_fr.htm> [2001 Nov.].
83. MERCK. **Tabela Periódica: Mercúrio**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpie/hg_fr.htm> [2002 jan.].
84. MERCK. **Tabela Periódica: Nióbio**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpie/nb_fr.htm> [2001 Nov.].
85. MERCK. **Tabela Periódica: Níquel**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpie/ni_fr.htm> [2001 Nov.].
86. MERCK. **Tabela Periódica: Zinco**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpie/zn_fr.htm> [2001 nov.].
87. MERCK. **Tabela Periódica:Cobalto**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpieco_fr.htm> [2001 set.].
88. MERCK. **Tabela Periódica:Cromo**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpie/cr_fr.htm> [2001 set.].

89. MERCK. **Tabela Periódica:Prata**. [online].Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.merck.com.br/quimica/tpie/ag_fr.htm> [2001 nov.].
90. MERCK. **The Merck Index**. 10th ed. Rahway, New Jersey: Merck Co., Inc., 1983. 932]**PEER REVIEWED**
91. Miljövänligt hydridbatteri ersätter snart kadmiumceller.**KEMISK TIDSKRIFT/ KEMIVÄRLDEN**.Helsingborg (S);1995. n°4/95.
92. Minayo MCS (org).Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social.In: **Pesquisa social:teoria, método, criatividade**. Petrópolis (BR):Vozes,1999.9-30.
93. Minayo MCS. (org). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Rio de Janeiro: Editora Vozes; 1994.
94. Minayo MCS. **O desafio do conhecimento: Pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo-Rio de Janeiro: HUCITEC- ABRASCO; 1992
95. Minayo, MCS. (org) **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis, RJ (BR): Vozes; 1994.
96. Ministério do Meio Ambiente. Centro Nacional de Referência em Gestão Ambiental Urbana. **Coleta seletiva de pilhas e Baterias**. Brasília (DF); 1998.
97. MPCA, **Household Batteries in Minnesota**- na intern Report, March, 1990.
98. Muda a rotina no trato com as pilhas. **Revista FHOX**. São Paulo;2000 fev.mar.
99. NAKAGIMA, H. **Surface characterization of amalgam made with Hg-In liquid alloy**. U.S.A.: J Dent Res; 1997; 1: p. 610-616.
100. National Electrical Manufacturers Association. **The declining use of mercury in batteries**. Washington (DC): NEMA;1992.
101. National Electrical Manufacturers Association.**The Declining Presence of Mercury in Batteries and Municipal Waste**. USA: NEMA; 1996 May.
102. National Institute of Health. **Wood Dust, Talc, Estrogens, and Nickel Alloys Among Substances Being Reviewed for Inclusion in Report on Carcinogens**. [Report online]. National Institute of Environmental Health Sciences. U.S.A.: NIH News Advsoy; 2000 Dec 5. Disponível em: <URL:<http://www.nih.gov/news/pr/dec2000/niehs-05.htm>> [2002 Jan].
103. Natural Resources Canada. Mineral and Metal Sector. Canadian Indium Producers. **Mineral and Metal Commodity Reviews – Indium**. Canada: Canadian Minerals; 1995 [Year book Britannica online]. **Metal Statistics 1997: The Statical Guide to North American Metals Nonferrous Edition**.

- Disponível em:<URL:
<http://www.nrcan.gc.ca/ms/efab/mmsd/minerals/indium.htm>> [2001 Set].
104. Nautilus Home Page. Mocho [Edit.]. **Tabela Periódica: Cádmió.** [online]. Portugal: UC; 2001.Disponível em:<URL:
<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e04720.html>> [2001 nov.].
105. Nautilus Home Page. Mocho [Edit.]. **Tabela Periódica: Chumbo.** [online]. Portugal: UC; 2001.Disponível em:<URL:
<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e08200.html>> [2001 nov.].
106. Nautilus Home Page. Mocho [Edit.]. **Tabela Periódica: Chumbo.** [online]. Portugal: UC; 2001.Disponível em:<URL:
<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e08230.html>
107. Nautilus Home Page. Mocho [Edit.]. **Tabela Periódica: Lítio.** [online]. Portugal: UC; 2001.Disponível em:<URL:
<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e03000.html>> [2001 nov.].
108. Nautilus Home Page. Mocho [Edit.]. **Tabela Periódica:Cobalto.** [online]. Portugal: UC; 2001.Disponível em:<URL:
<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e02791.html>> [2001 nov.].
109. NIFE-Brasil. **Reciclagem – Nossa resposta prática, positiva e responsável.** São Paulo: Nife- Brasil;1997.
110. **Niquel** – [online] – disponível em:
 <URL:<http://www.prodigyweb.net.mx/degcorp/Quimica/Niquel.htm>> [2002 Feb.].
111. Nickel, insoluble compounds, as Ni [**American Conference of Governmental Industrial Hygienists**]. Guide to Occupational Exposure Values. Cincinnati, OH; (USA): 1999. 51]**PEER REVIEWED**
112. O'Sullivan O. **Lithium.** [Document control online].United Bristol Health Care. [online]. Bristol (UK): NHS Trust.2001 jan. 12. (next review data: 2002 apr 4). Disponível em: <URL:
<http://www.ubht.org.uk/edhandbook/Toxicology/lithium.htm> [2001 Dec].
113. Oligopharma. **Oligopharma e Oligoelementos.** [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL:
<http://www.oligopharma.cm.br/oligoelementos/historia.htm>> [2001 dez.].
114. Oligopharma. **Oligopharma e Oligoelementos.** [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL:
<http://www.oligopharma.cm.br/oligoelementos/cromo.htm>> [2001 dez.].
115. Oliveira MB. **A problemática do descarte de baterias usadas no lixo urbano.** São Paulo; 1998. {Dissertação de Mestrado - Universidade Mackenzie}.

116. Opresko DM. **Chemical Hazard Evaluation and Communication Program.** Biomedical and Environmental Information Analysis Section, Health Sciences Research Division, *, Oak Ridge, Tennessee. May 1995. Prepared for OAK RIDGE RESERVATION ENVIRONMENTAL RESTORATION PROGRAM. Available from: <URL: <http://risk.lsd.ornl.gov/tox/profiles/lith.shtml#te>> [2001 Nov].
117. Opresko DM. **Chemical Hazard Evaluation and Communication Program.** Biomedical and Environmental Information Analysis Section, Health Sciences Research Division, *, Oak Ridge, Tennessee. May 1995. Prepared for OAK RIDGE RESERVATION ENVIRONMENTAL RESTORATION PROGRAM. Available from: <URL: http://risk.lsd.ornl.gov/tox/profiles/zn_c.shtml> [2001 Nov].
118. Organización Mundial de la Salud. **Riesgos del ambiente humano para la salud.** Washington (DC): OMS; 1976.
119. Oxford University. **Safety data for indium III sulphate – hydrate** [MSDS online].Oxford Ac. Oxford (UK): Disponível em: <URL: [http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/I/indium III-sulphate_hydrate.html](http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/I/indium%20III-sulphate_hydrate.html) [2001 Out].
120. Oxford University. **Safety data for indium oxide** [MSDS online].Oxford Ac. Oxford (UK): Disponível em: <URL: http://physchem.ox.ac.uk/MSDS/I/indium_oxide.html [2001 Out].
121. Palos CMR. **Meio Ambiente e Saúde em Espírito Santo do Turvo – SP: um estudo das representações sociais das integrantes do movimento de mulheres.** [Dissertação de Mestrado] Faculdade de Saúde Pública da USP. São Paulo: 2000].
122. Paul, G. – País já tem 10 milhões de celulares. **Estado de São Paulo- São Paulo;** 1999 jun.20.
123. Peterson JE. **Industrial Health.** Prentice-Hall, New Jersey, 1977.
124. Planeta Celular.Telecomunicação e informação na WEB. **Baterias:saiba o que são [online].** Brasil; 2001.Disponível em:<URL: www.planetacelular.com.br/tudo_baterias.htm> [2002 fev.].
125. Primeway. **Baterias: Introdução às baterias.** [Suporte Técnico online]. Brasil; 2001. Disponível em:<URL: http://www.primeway.com.br/quimica/t...fis/pb_pfis.htm [2001 jan.].
126. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento -**Informativo Instituto Brasil/PNUMA** – Brasília - Informativo do Comitê Brasileiro. n°43 –1998 ago/set.
127. Purves D. **Trace element contamination of the environment.** Amsterdam: Elsevier Scientific Pub. Co.; 1977. p.9-12.

128. Química Moderna. **Tabela Periódica: Nióbio.** [online]. Disponível em: <URL: <http://www.moderna2000.com.br/hotlinks/quimica/tperiodica/niobio.htm>> [2001 set.].
129. RATNAKUMAR, Bugga, et al. - **LaNi5 - elétrodos de xGex para pilhas eletroquímicas de Ni/MH** - Caltech for NASA's Jet Propulsion Laboratory. USA: NASA; 2000. Disponível em: < URL: www.nasatech.com > under the Materials category. [2001 Nov].
130. Recycling batteries: the EC takes action. **Batteries International:** London, December 1989.
131. Rumack BH. **POISINDEX (R) Information System.** Micromedex, Inc., Englewood, CO, 2001; Hall AH & Rumack BH (Eds): **TOMES (R) Information System.** Micromedex, Inc., Englewood, CO (USA), 2001; CCIS Volume 110, edition exp November, 2001.] ****PEER REVIEWED****
132. SAFT-NIFE. **Acumuladores Elétricos – Estudo Comparativo.** São Paulo; 1997.
133. Sax NI, Lewis RJ Sr. (eds.). **Hawley's Condensed Chemical Dictionary.** 11th ed. New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1987. 818] ****PEER REVIEWED****
134. Sax NI. **Dangerous Properties of Industrial Materials.** 6th ed. New York, NY: Van Nostrand Reinhold, 1984. 1991 ****PEER REVIEWED****
135. Scharf R. Pilhas e Baterias viram Pisos. **Gazeta Mercantil.** São Paulo; 2000 mar.1. Nacional.
136. Scipione. **Tabela Periódica.** [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.scipione.com.br/sceduca/tabelap/tabela.htm> [2002 fev.].
137. Scipione. **Tabela Periódica: Cádmio.** [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.scipione.com.br/sceduca/tabelap.048.htm>> [2002 fev.].
138. Scipione. **Tabela Periódica: Chumbo.** [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.scipione.com.br/sceduca/tabelap/082.htm>> [2002 fev.].
139. Scipione. **Tabela Periódica: Cobalto.** [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.scipione.com.br/sceduca/tabelap.027.htm>> [2002 fev.].
140. Scipione. **Tabela Periódica: Cromo.** [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.scipione.com.br/sceduca/tabelap/024.htm> > [2002 fev.].
141. Scipione. **Tabela Periódica: Lítio.** [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.scipione.com.br/sceduca/tabelap/003.htm> > [2002 fev.].

142. Scipione. **Tabela Periódica: Manganês** [online]. Brasil; 2001. Disponível em:< URL: <http://www.scipione.com.br/sceduca/tabelap.025.htm>> [2002].
143. Scipione. **Tabela Periódica: Nióbio**. [online]. Brasil; 2001. Disponível em:< URL: <http://www.scipione.com.br/sceduca/tabelap.041.htm>> [2002].
144. Scipione. **Tabela Periódica: Níquel**. [online]. Brasil; 2001. Disponível em:< URL: <http://www.scipione.com.br/sceduca/tabelap.028.htm>> [2002].
145. Sifelsen för Insamling av Miljöfarliga Batterier. **SIMBAS Informationsmaterial**. Stockholm: SIMBA; 1994.
146. SOLONIN, Yuri M. - **Working out of High-effective Metal Hydride System and Their Use in Small Energetics**. Ucrânia; Institute for Problems of Materials Science; 1999.
147. Solução para pilhas e baterias de celulares descartadas; Jogando limpo com a natureza. **Revista Questão**. São Paulo: Ed. MF; 2000. ano 1; n.º 3; p.12.
148. Stifelsen för insamling av miljöfarliga batterier - **Litet ABC om batterier**. Stockholm: SIMBA;1994.
149. Sulaiman SAS. **Rewiew on Poisoning Involving Lithium**. [Quick Reference Guide online].Division on Information Development, Unitede States Phamacopeia. Primary Responsability residedwith the USP Pediatrics Advisory Panel on Childrens and Medicines. Rockville (USA): **PRN CONSULT**; 1999. No.21. ISSN 134-5246]. Disponível em: <URL: <http://prn.usm.my/bulletin/1999/prn21.html>> [2002 Jan].
150. Summ W, Bilinski H. **Trace metals in natural waters; difficulties in interpretation arising in our ignorance on their speciation** – Adv. In Water Pollut. USA; 1973. [Res. Proc. Of 6th Int. Conf. 1:820-27].
151. **The Columbia Electronic Encyclopedia**, Sixth Edition Copyright © 2000, Columbia University Press. Licensed from Lernout &Hauspie Speech Products N.V. WebElements - The Periodic Table on the WWW: Professional Edition: Lanthanum:
152. Toxicity Profiles.**Toxicity Summary for ZINC AND ZINC COMPOUNDS** [NOTE: *Although the toxicity values presented in these toxicity profiles were correct at the time they were produced, these values are subject to change. Users should always refer to the Toxicity Value Database for the currect toxicity values.*] April 1992. Prepared by Opresko DM.Chemical Hazard Evaluation and Communication Group, Biomedical and Environmental Information Analysis Section, Health and Safety Research Division, Oak Ridge National Laboratory*, Oak Ridge, Tennessee Prepared for OAK RIDGE RESERVATION ENVIRONMENTAL RESTORATION PROGRAM *Managed by Martin Marietta Energy Systems, Inc., for the U.S. Department of Energy under Contract No. DE-AC05-84OR21400.[onlinr.

- Available from:<URL: http://risk.lsd.onl.gov/tox/profiles/zn_c.shtml> [2002 Jan].
153. **TOXNET.** (Vide Referências Complementares). www.toxnet.nlm.nih.gov [online]. (TOXNET - A cluster of databases on toxicology, hazardous chemicals, and related areas. TOXNET NEWS. New: TRI99 now available). Disponível em: <URL: <http://ntp-server.niehs.nih.gov/htdocs/pub.html>> [2001 Dec].
 154. **TOXNET.** A cluster of databases on toxicology, hazardous chemicals, and related areas. USA: TOXNET NEWS. New: TRI 99 now available). Disponível em: <URL: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?IRIS> – TOXNET
 155. U.S. Environment Protection Agency. **Technical, economic and environmental assessment of disposition methods for spent consumer batteries.** Washington (DC): U.S.EPA;1992.
 156. U.S. Environmental Protection Agency. **Ambient Water Quality Criteria Document : Nickel.** Washington (DC): U.E.EPA;1980. [EPA 400/5-80-060. p.C-7].
 157. U.S. Environmental Protection Agency. **Ambient Water Quality Criteria Document: Nickel.** Washington (DC): U.S. EPA;1980 EPA 400/5-80-060. p.C-105] ****PEER REVIEWED****
 158. U.S. Environmental Protection Agency. **Development Reference Dosis and Reference Concentrations for lanthanides.** [This literature was reviewed, and the Toxicology Excellence for Risk Assessment -*TERA* - developed a brief summary of the database as it pertains to these noncancer risk assessments, online]. (We now show what are likely to be the definitive critical studies for the development of these RfDs and RfCs, and describe the areas of scientific uncertainty that require the use of uncertainty factors. Specific values for these lanthanides are proposed.). USA: TERA; 1999. Disponível em: <URL: <http://www.tera.org/news/project%20descriptions/lanthanides%20kp.htm>> [2002, Jan]
 159. U.S. Environmental Protection Agency. **Summary of State and Federal Drinking Water Standards and Guidelines.** U.S.EPA/Office of Water; Federal-State. Toxicology and Risk Analysis Committee. Washington (DC): FSTRAC; 1993 Nov.
 160. U.S. Environmental Protection Agency. **U.S.EPA's Integrated Risk Information System (IRIS) on Nickel refinery dust .** Washinton (DC): National Library of Medicine's **TOXNET System**;1995 Mar 1.] ****PEER REVIEWED****

161. U.S. Environmental Protection Agency. **Technical Economic and Environmental Assessment of Disposition Methods for Spent Consumer Batteries**. Washington (DC): U.S.EPA; 1992.
162. U.S.A. **Clean Air Act as amended in 1990**. [U.S.EPA. Sect. 112 (b) (1) Public Law 101-549 Nov. 15, 1990].
163. U.S.Environmental Protection Agency. [Informações obtidas em **Visita Técnica**, em entrevistas com especialistas em resíduos sólidos/pilhas e baterias usadas.]. Chicago IL. USA: U.S.EPA; 2001 Apr.
164. U.S.Environmental Protection Agency. **Charaterization of products containing mercury in municipal solid waste in the United States, 1970 to 2000**. [EPA 530-R-92-013]. Washington (DC): U.S.EPA;1992.
165. U.S.Environmental Protection Agency. **Toxity Profile for Manganese**. [online]. USA: TOXNT; 2001. Disponível em : <URL: http://risk.lsd.orml.gov/tox/profiles/mn_c.shtml> [2002 Jan].
166. U.S.Environmental Protection Agency. **TR-499 - Toxicology and Carcinogenesis Studies of INDIUM PHOSPHIDE (CAS NO. 22398-80-7) Inhalation Studies in F344/N Rats and B6C3F1 Mice**. National Toxicology Program. U.S.A. [online]. Disponível em: <URL: <http://ntp-server.niehs.nih.gov/htdocs/LT-studies/tr499.html>> [2002 Jan].
167. U.S.Environmental Protection Agency. USA: IRIS; 2001. Disponível em : <URL: <http://www.epa.gov/iris/subst/index.html>> [2002 Jan].
168. U.S.Environmental Protection Agency. **Used dry cell batteries. Is a collection program right for your community?** [EPA/530-K-920006].Washington (DC):U.S.EPA;1992.56p.
169. U.S.EPA. **TR-499 - Toxicology and Carcinogenesis Studies of INDIUM PHOSPHIDE (CAS NO. 22398-80-7) Inhalation Studies in F344/N Rats and B6C3F1 Mice**. U.S.A. [online]. Disponível em: <URL: <http://ntp-server.niehs.nih.gov/htdocs/LT-studies/tr499.html>> [2002 Jan].(repetido)
170. Universidade de Coimbra. Departamento de Engenharia Química. **Cádmio**. [online]. Coimbra (P): Faculdade de Ciências e Tecnologia; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.eq.uc.pt/~mena3/cadmio.htm>>
171. Universidade de Coimbra. Faculdade de Ciências e Tecnologia. **Cádmio**. [online]. Coimbra (P): Departamento de Engenharia Química; 2001. Disponível em:<URL: <http://www.eq.uc.pt/~mena3/chumbo.htm>>
172. Universidade de São Paulo.Faculdade de Saúde Pública.Biblioteca/CIR.**Guia de Apresentação de Teses**. São Paulo: Biblioteca; 1998.

173. Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Cobalto**. [online]. Brasil; 2001. Disponível em: <URL: <http://www.if.ufrj.br/teaching/elem/e02710.html>. [2002 out].
174. Universidade Livre de Meio Ambiente. **Metais pesados contaminando a vida**. (texto do Greenpeace) [online]. Banco de Textos sobre Desenvolvimento Sustentável: Curitiba (BR); 2001. Disponível em:<URL: <http://www.bsi.com.br/~unilivre/centro/t...Forum/metal.htm>> [2002 fev.].
175. University of Ghent. Cobalt Toxicology: Cobalt and cobalt compounds: Toxicokinetics. Target organs. Teratogenicity. Genotoxicology. Carcinogenicity. [CDFC online].Netherlands; 2001. Disponível em: <URL: <http://cdfc.rug.ac.be/healthrisk/Cobalt/toxicology.htm>> [2001 Nov].
176. WebElements - The Periodic Table on the WWW: Professional Edition: Lanthanum:WEBELEMENTS. Copyright 1993-2001 Mark Winter [The University of Sheffield and WebElements Ltd, UK]. Updated 15th October, 2001. Available from: <URL: <http://www.webelements.com/>> [2002 Jan].
177. WebElements TM, **The Periodic Table on the WWW- Indium** [online]. Disponível em: <URL: <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/In/key.html>> [2001 Nov].
178. WebElements TM, **The Periodic Table on the WWW- Indium** [online]. Disponível em: <URL: <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/In/key.html>> [2001 Nov].
179. WebElements TM, **The Periodic Table on the WWW- Li** [online]. Disponível em: <URL: <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Li/key.html>> [2001 Nov].
180. WebElements TM, **The Periodic Table on the WWW- Manganês**. [online]. Disponível em:<URL: <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Mn/key.html>>[2001 Nov].
181. WebElements TM, **The Periodic Table on the WWW- Mercury**. [online]. Disponível em:<URL: <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Hg/key.html> [2001Jan].
182. WebElements TM, **The Periodic Table on the WWW- Nióbio**. [online]. Disponível em::<URL: <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Nb/che.html>> [2001 Nov]

183. WebElements TM, **The Periodic Table on the WWW- Nióbio**. [online]. Disponível em: <URL: <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ni/key.html>> [2001 Nov]
184. WebElements TM, **The Periodic Table on the WWW- Prata**. [online]. Disponível em: <URL: <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Ag/uses.html>> [2001 Dec.
185. WebElements TM, **The Periodic Table on the WWW- Zinco**. [online]. Disponível em: <URL: <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Zn/geol.html>> [2001 Dec].
186. WebElementsTM, **the periodic table on the WWW**. Copyright 1993-2001 Mark Winter [The University of Sheffield and WebElements Ltd, UK]. Document served: Monday 15th October, 2001. Available from: URL: <http://www.webelements.com/>
187. Wiaux J P – **The Sorting-out of Spent Batteries: From Pilot Scale to Industrial Applications**. Deerfield Beach, Fl (USA): Wolsky and BDT Inc. Editors, 1991 Nov.
188. William S ed; /Nickel/. In: **Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemist**. USA: 14th ed; 1984. p.449. **PEER REVIEWED**
189. World Health Organization. **Environment Health Criteria, No. 134: Cadmium – Resumen y Conclusiones**. 1992 a). [online]. Genève: WHO; 1992. Disponível em: <URL: http://www.who.int/pcs/ehc/summaries/ech_134.html> [2001 Dec].
190. World Health Organization. **Environment Health Criteria, No. 134: Cadmium – Resumen y Conclusiones**. 1992 b). [online]. Genève: WHO; 1992. Disponível em: <URL: http://www.who.int/pcs/ehc/summaries/ech_135.html> [2001 Dec].
191. World Health Organization. **Chromium**. Geneva; 1988 [WHO Environmental Health Criteria, 61].
192. World Health Organization. **Environmental Health Criteria, No. 220: Zinc**. Genève: WHO; [online]: Disponível em : <URL: http://www.who.int/pcs/ehc/summaries/ehc_221.html#Spanish> [2001 Dec].
193. World Health Organization. International Agency for Research on Cancer **Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man**: Geneva: IARC; 1972 [-PRESENT. (Multivolume work).p. V2 131 (1973)].

194. World Health Organization/ International Agency for Research on Cancer. **Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. / Nickel Compounds/** Geneva: WHO/IARC;1972 - PRESENT. (Multivolume work).,p. V49 410 (1990)]**PEER REVIEWED**A1. A1= Confirmed human carcinogen. /Nickel, insoluble compounds, as Ni/ [American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Guide to Occupational Exposure Values - 1999. Cincinnati, OH: 1999. 51]**PEER REVIEWED**

REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES:

TOXNET [online]

For Toxicology Data (Factual information on toxicity and other hazards of chemicals)

HSDB Hazardous Substances Data Bank - Broad scope in human and animal toxicity, safety and handling, environmental fate, and more. Scientifically peer-reviewed.

IRIS Integrated Risk Information System - data from the Environmental Protection Agency (EPA) in support of human health risk assessment, focusing on hazard identification and dose-response assessment.

CCRIS Chemical Carcinogenesis Research Information System - carcinogenicity, mutagenicity, tumor promotion, and tumor inhibition data provided by the National Cancer Institute (NCI).

GENE-TOX - Peer-reviewed mutagenicity test data from the EPA.

For Toxicology Literature (Scientific studies, reports, and other bibliographic material)

TOXLINE Extensive array of references to literature on biochemical, pharmacological, physiological, and toxicological effects of drugs and other chemicals.

EMIC Environmental Mutagen Information Center - Current and older literature on agents tested for genotoxic activity.

DART/ETIC Developmental and Reproductive Toxicology and Environmental Teratology Information Center - Current and older literature on developmental and reproductive toxicology.

For Toxic Release Information (Annual estimated releases of toxic chemicals to the environment) - the Environmental Protection Agency's TRI (Toxics Release Inventory)

TRI Toxics Release Inventory - reporting years 1995 - 1999.

For Chemical Information (Nomenclature, Identification, Structures)

ChemIDplus

Numerous chemical synonyms, structures, regulatory list information, and links to other **databases containing information about the chemicals.**

HSDB - Structures 2D structural information on the HSDB chemicals.

NCI- 2D and 3D information compiled by the National Cancer Institute, and augmented by MDL.

TOXNET is sponsored by the National Library of Medicine, through the Toxicology and Environmental Health Information Program of its Specialized Information Services Division.

TOXNET Privacy Notice

For more information, please contact: tehip@teh.nlm.nih.gov

For reporting problems, contact: Webmaster

Last Modified 07/13/2001 20:45:00

Disponível em: <URL: www.toxnet.nlm.nih.gov >

U.S. Environmental Protection Agency, 401 M St., SW, Washington, DC 20460;
Right to Know Hotline (800) 535-0202.

U.S. Department of Labor, Occupational Health and Safety Administration,
Washington, DC, www.osha.gov

OSHA PEL: Z-1 Table: www.osha-slc.gov/OshStd_data/1910_1000_TABLE_Z-1.html

OSHA PEL: Z-2 Table: www.osha-slc.gov/OshStd_data/1910_1000_TABLE_Z-2.html

ANEXO I

RESOLUÇÃO CONAMA No 257, de 30 de junho de 1999

Publicada no D.O.U. em 22 de julho de 1999

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981 e pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, e conforme o disposto em seu Regimento Interno, e Considerando os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas.

Considerando a necessidade de se disciplinar o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final;

Considerando que tais resíduos além de continuarem sem destinação adequada e contaminando o ambiente necessitam, por suas especificidades, de procedimentos especiais ou diferenciados, resolve:

Art. 1o As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, destinadas a quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, que as requeiram para o seu pleno funcionamento, bem como os produtos eletro-eletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível deverão, após seu esgotamento energético, ser entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou através de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

Parágrafo Único As baterias industriais constituídas de chumbo, cádmio e seus compostos, destinadas a telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme, segurança, movimentação de cargas ou pessoas, partida de motores diesel e uso geral industrial, após seu esgotamento energético, deverão ser entregues pelo usuário ao fabricante ou ao importador ou ao distribuidor da bateria, observado o mesmo sistema químico, para os procedimentos referidos no caput deste artigo. Art. 2o Para os efeitos desta resolução, considera-se:

I. Bateria: Conjunto de pilhas ou acumuladores recarregáveis interligados convenientemente (NBR 7039/87).

II. Pilha: Gerador eletroquímico de energia elétrica, mediante conversão geralmente irreversível de energia química (NBR 7039/87).

III. Acumulador chumbo-ácido: Acumulador no qual o material ativo das placas positivas é constituído por compostos de chumbo, e os das placas negativas essencialmente por chumbo, sendo o eletrólito uma solução de ácido sulfúrico (NBR 7039/87).

IV. Acumulador (elétrico): Dispositivo eletroquímico constituído de um elemento, eletrólito e caixa, que armazena, sob forma de energia química a energia elétrica que lhe seja fornecida e que a restitui quando ligado a um circuito consumidor (NBR 7039/87).

V. Baterias industriais: São consideradas baterias de aplicação industrial, aquelas que se destinam a aplicações estacionárias, tais como telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme e segurança, uso geral industrial e para partidas de motores diesel, ou ainda tracionárias, tais como as utilizadas para movimentação de cargas ou pessoas e carros elétricos.

VI. Baterias veiculares: São consideradas baterias de aplicação veicular aquelas utilizadas para partidas de sistemas propulsores e/ou como principal fonte de energia em veículos automotores de locomoção em meio terrestre, aquático e aéreo, inclusive de tratores, equipamentos de construção, cadeiras de roda e assemelhados.

VII. Pilhas e baterias portáteis: São consideradas pilhas e baterias portáteis aquelas utilizadas em telefonia e equipamentos eletro-eletrônicos, tais como jogos, brinquedos, ferramentas elétricas portáteis, informáticas, lanternas, equipamentos fotográficos, rádios, aparelhos de som, relógios, agendas eletrônicas, barbeadores, instrumentos de medição, de aferição, equipamentos médicos e outros.

VIII. Pilhas e baterias de aplicação especial: São consideradas pilhas e baterias de aplicação especial aquelas utilizadas em aplicações específicas de caráter científico, médico ou militar e aquelas que sejam parte integrante de circuitos eletro-eletrônicos para exercer funções que requeiram energia elétrica ininterrupta em caso de fonte de energia primária sofrer alguma falha ou flutuação momentânea.

Art. 3o Os estabelecimentos que comercializam os produtos descritos no Art. 1o, bem como a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos, ficam obrigados a aceitar dos usuários a devolução das unidades usadas, cujas características sejam similares às aquelas comercializadas, com vistas aos procedimentos referidos no Art. 1o.

Art. 4o As pilhas e baterias recebidas na forma do artigo anterior serão acondicionadas adequadamente e armazenadas de forma segregada, obedecidas as normas ambientais e de saúde pública pertinentes, bem como as recomendações definidas pelos fabricantes ou importadores, até o seu repasse a estes últimos.

Art. 5o A partir de 1o de janeiro de 2000, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir:

I. com até 0,025% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

II. com até 0,025% em peso de cádmio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

III. com até 0,400% em peso de chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

IV. com até 25mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo pilhas miniaturas e botão.

Art. 6o A partir de 1o de janeiro de 2001, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir:

I. com até 0,010% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

II. com até 0,015% em peso de cádmio, quando forem dos tipos alcalina-manganês e zinco-manganês;

III. com até 0,200% em peso de chumbo, quando forem dos tipos alcalina-manganês e zinco-manganês;

Art. 7o Os fabricantes dos produtos abrangidos por esta resolução deverão conduzir estudos para substituir as substâncias tóxicas potencialmente perigosas neles contidas ou reduzir o teor das mesmas, até os valores mais baixos viáveis tecnologicamente.

Art. 8o Ficam proibidas as seguintes formas de destinação final de pilhas e baterias usadas de quaisquer tipos ou características;

- Lançamento "in natura" a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais;
- Queima a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados, conforme legislação vigente;
- Lançamento em corpos d'água, praias, manguezais, terrenos baldios, peças ou cacimbas, cavidades subterrâneas, em redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, eletricidade ou telefone, mesmo que abandonadas, ou em áreas sujeitas à inundação.

Art. 9o No prazo de um ano a partir da data de vigência desta resolução, nas matérias publicitárias, bem como nas embalagens ou produtos descritos no artigo 1o, deverão constar, de forma visível, as advertências sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como a necessidade de, após seu uso, serem devolvidos aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada, para repasse aos fabricantes ou importadores.

Art. 10 Os fabricantes devem proceder gestões no sentido de que a incorporação de pilhas e baterias, em determinados aparelhos, somente seja efetivada na condições de poderem ser facilmente substituídas pelos consumidores após sua utilização, possibilitando o seu descarte independentemente dos aparelhos.

Art. 11 Os fabricantes, os importadores, a rede autorizada de assistência técnica e os comerciantes de pilhas e baterias descritas no Art. 1o ficam obrigados a, no prazo de 12 (doze) meses contados a partir da vigência desta resolução, implantar os mecanismos operacionais para a coleta, transporte e armazenamento.

Art. 12 Os fabricantes e os importadores de pilhas e baterias descritas no Art. 1o ficam obrigados a, no prazo de 24 meses, contados a partir da vigência desta Resolução, implantar os sistemas de reutilização, reciclagem, tratamento e/ou disposição final, obedecida a legislação em vigor.

Art. 13 As pilhas e baterias que atenderem aos limites previstos no artigo 6o, poderão ser dispostas, juntamente com os resíduos domiciliares, em aterros sanitários licenciados.

Parágrafo Único Os fabricantes e importadores deverão identificar os produtos descritos no caput deste artigo, mediante a aposição nas embalagens e, quando couber, nos produtos, de símbolo que permita ao usuário distingui-los dos demais tipos de pilhas e baterias comercializados.

Art. 14 A reutilização, reciclagem, tratamento ou a disposição final das pilhas e baterias abrangidas por esta resolução, realizadas diretamente pelo fabricante ou por terceiros, deverão ser processadas de forma tecnicamente segura e adequada, com vistas a evitar riscos à saúde humana e ao meio ambiente, principalmente no que tange ao manuseio dos resíduos pelos seres humanos, filtragem do ar, tratamento de efluentes e cuidados com o solo, observadas as normas ambientais, especialmente no que se refere ao licenciamento da atividade.

Parágrafo Único Na impossibilidade de reutilização ou reciclagem das pilhas e baterias descritas no artigo 1o, a destinação final por destruição térmica deverá obedecer as condições técnicas previstas na NBR-11175 - Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos - e os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA No 003, de 28 de junho de 1990.

Art. 15 Compete aos órgãos integrantes do SISNAMA, dentro do limite de suas competências, a fiscalização relativa ao cumprimento das disposições desta resolução.

Art. 16 O não cumprimento das obrigações previstas nesta Resolução sujeitará os infratores às penalidades previstas nas Leis nº 6938, de 31 de agosto de 1981, e nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998.

Art. 17 Esta Resolução entre em vigor na data da sua publicação.

ANEXO II

RESOLUÇÃO CONAMA No 263, de 12 de novembro de 1999

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pela Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, e pelo Decreto no 99.274, de 6 de junho de 1990, e conforme o disposto em seu Regimento Interno, e;

Considerando a necessidade de tornar explícita no Art. 6º da Resolução CONAMA n.º 257, de 30 de junho de 1999, a consideração do limite estabelecido no Art. 5º, inciso IV, da referida Resolução, para as pilhas miniatura e botão, resolve:

Art.1º. Incluir no Art. 6º da Resolução Conama n.º 257, de 30 de junho de 1999, o inciso IV, com a seguinte redação:

"IV - com até 25 mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo pilhas miniatura e botão."

Art. 2º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

ANEXO III

University of ABERDEEN
Faculty of Social Sciences and Law

<http://www.abdn.ac.uk/soclaw/infobatt.hti>

Social Sciences & Law: Information notes & factsheets

GERMANY: ENVIRONMENTAL INFORMATION NOTE

(Note number: 12.98 (E) 17 February 1998 Waste)

Battery Ordinance to Regulate Collection, Recycling and Manufacture of Non-Hazardous and Hazardous Batteries

New legislation to regulate the heavy metal content, collection and disposal of discarded batteries has been finalised.

The Battery Ordinance formalises a 1988 industry voluntary agreement and will transpose **EU battery directives**. The regulation restricts the heavy metal content of certain batteries and requires that battery manufacturers produce long-life batteries that can be reused. Waste batteries must be taken back for recycling in line with the regulations of the Kreislaufwirtschaft Waste Management Law and non-recyclable batteries are to be disposed of responsibly.

Retailers' and Consumers' Obligations: Retailers are required to provide in-store collection points and to inform the consumers of the legal obligation to return batteries. Consumers are required to return all batteries (both hazardous and non-hazardous), but would only face sanctions for non-compliance in the case of automobile batteries (see below).

Manufacturers' Obligations: Manufacturers are required to:

Limit the mercury content of certain batteries (in line with EU requirements);

Label 'hazardous batteries' (defined in the ordinance according to heavy metal content);

Take back for recycling or disposal (separately from the municipal waste collection service) all discarded batteries and accumulators (both hazardous and non-hazardous). This includes batteries collected at the point of sale and by local authorities with other hazardous waste;

Levy a DM 15 deposit on separately-purchased automobile batteries unless an old battery is returned in exchange. Although EU legislation permits deposits on other battery types this is not to be introduced initially (in line with other EU states);

Industry is likely to establish a single joint industry-led scheme to fulfil the take-back obligation. Manufacturers may, however, establish independent disposal systems. In this case they must register with the responsible authorities within three months. All manufacturers, whether part of a scheme or acting independently, are required to report on progress of the legislation annually.

The take-back obligation covers both hazardous and non-hazardous batteries, since the voluntary agreement to take back hazardous batteries did not work well. In most cases the consumers were not informed of the take-back offer at the point of sale. They also frequently could not distinguish hazardous from non-hazardous batteries and so returned non-hazardous batteries that did not formally require special treatment.

Built-in Batteries: The legislation also extends to products with hazardous batteries that cannot be easily removed. With exceptions, these will be banned from sale. Where such products are permitted and where they are not covered by separate obligations, manufacturers and retailers must take back the whole product for disposal. They must also provide the consumer with appropriate disposal instructions.

Implementation and Legislative Position: A compromise between the two parliamentary chambers has been agreed by the Cabinet and is now subject only to formal approval by the Bundestag (lower chamber). The Ordinance would take effect in two stages. Requirements regulating production, sale of goods with built-in hazardous batteries, labelling and instructions for disposal will come into force on the day following promulgation. The take-back requirement, deposit for automobile batteries and reporting will take effect six months later.

Proposal for EU Legislation: In a separate recommendation to the Federal Government, the Bundesrat proposed amending Directive 91/157/EEG to require labelling of all batteries and accumulators including non-hazardous items.

The draft Battery Ordinance, voluntary agreement and background on sales of batteries in Germany were detailed in Note 31.97 (E). Further details can be obtained from: Federal Environment Ministry: Tel: 0049 228 3050, Fax 0049 305 3225, Email: OEA-1000@WP-gate.bmu.de Web Site: <http://www.bmu.de/>

Research, Technology & Environment Section
British Embassy
Friedrich-Ebert-Allee 77
53113 Bonn, Germany
Tel: 00 49 228 9167-248 GTN: 3400-4248 Fax: 00 49 228 9167-163
s.lines@bonn.mail.fco.gov.uk

This page was authored by: Kathy Fowler, Faculty Officer, email: k.m.fowler@admin.abdn.ac.uk. Faculty Home Page

Last updated: 24.11.97

ANEXO IV

Lista de Fornecedores consultados

1. **SONY-ERICSSON** – tel: (11) 6224-8800
2. **GRADIENTE** – tel: 0800-5423911
3. **MOTOROLA** – tel: 0800-121277
4. **NOKIA** – tel: (11) 3328-3838
5. **PHILIPS/WALLITA** – tel: 31202539
6. **SAMSUNG** – tel: 0800-124421
7. **SONY** – tel: 3613-9045
8. **PANASONIC** – tel: 0800-550405

Mais informações na SESMT / USP: (011) 3812-7711 RAMAL 9267 -
FERNANDO / CAMILO / SOLANGE, pelo e-mail: afterra@usp.br ou ainda na
CIPA-FSP Gestão 2000-2001 - Presidente: Prof. Dr. Ana Isabel B. B. Paraguay,
pelo Tel (11) 3066 7722 ou 7755; Fax (11) 3085 0681 ou e-mail:
cipafsp@usp.br

ANEXO V**QUESTIONÁRIO APLICADO À POPULAÇÃO CONSUMIDORA**

Nome: _____

Instituição: _____ Data: _____

Profissão _____

Escolaridade: Nível Médio Nível Superior

1. Você conhece a Lei sobre Pilhas e Baterias? _____

2. O que você faz com as suas pilhas e baterias usadas? _____

3. Na sua opinião, qual a melhor maneira de divulgar o que deve ser feito com as pilhas e baterias usadas _____
_____4. Como poderia funcionar uma coleta seletiva de pilhas e baterias, de maneira eficiente? _____
_____*Nivea Reidler**Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo*

ANEXO VI

QUESTIONÁRIO APLICADO EM ENTREVISTA COM OS REVENDEDORES

1. O (a) Senhor (a) tem conhecimento da Legislação Brasileira sobre Pilhas e Baterias?
2. O s seus clientes costumam devolver as pilhas e baterias usadas à sua loja?
3. O que o (a) senhor (a) faz com suas pilhas e baterias usadas?

Nome do estabelecimento:

Nome do entrevistado:

Data:

Nivea Reidler

Faculdade de Saúde Pública da USP