

## Introdução

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) cerca de 1% do lixo urbano é constituído por resíduos sólidos urbanos contendo elementos tóxicos. Esses resíduos são provenientes de lâmpadas fluorescentes, termômetros, latas de inseticidas, pilhas, baterias, latas de tinta, entre outros produtos que a população joga no lixo, pois não sabe que se trata de resíduos perigosos contendo metais pesados ou elementos tóxicos ou não tem alternativa para descartar esses resíduos.

As pilhas e baterias apresentam em sua composição metais considerados perigosos à saúde humana e ao meio ambiente como mercúrio, chumbo, cobre, zinco, cádmio, manganês, níquel e lítio. Dentre esses metais os que apresentam maior risco à saúde são o chumbo, o mercúrio e o cádmio.

Uma maneira de reduzir o impacto ambiental do uso de pilhas e baterias é a substituição de produtos antigos por novos que propiciem um maior tempo de uso, como por exemplo o uso de pilhas alcalinas ou de baterias recarregáveis no lugar de pilhas comuns. Também pode-se eliminar ou diminuir a quantidade de metais pesados na constituição das pilhas e baterias.

## Pilhas Secas e Alcalinas

As pilhas secas são do tipo zinco-carbono, são geralmente usadas em lanternas, rádios e relógios. Esse tipo de pilha tem em sua composição Zn, grafite e MnO<sub>2</sub> que pode evoluir para MnO(OH). Além desses elementos também é importante mencionar a adição de alguns elementos para evitar a corrosão como: Hg, Pb, Cd, In.

Estas pilhas contêm até 0,01% de mercúrio em peso para revestir o eletrodo de zinco e assim reduzir sua corrosão e aumentar a sua performance. O NEMA (Associação Nacional Norte-Americana dos Fabricantes Elétricos) estima que 3,25 pilhas zinco-carbono per capita são vendidas ao ano nos Estados Unidos da América.

As pilhas alcalinas são compostas de um ânodo, um "prego" de aço envolto por zinco em uma solução de KOH alcalina (pH~14), um cátodo de anéis de MnO<sub>2</sub> compactados envoltos por uma capa de aço niquelado, um separador de papel e um isolante de nylon.

Até 1989, a típica pilha alcalina continha mais de 1% de mercúrio. Em 1990, pelo menos 3 grandes fabricantes de pilhas domésticas começaram a fabricar e vender pilhas alcalinas contendo menos de 0,025% de mercúrio. A NEMA estima que 4,25 pilhas alcalinas per capita são vendidas por ano nos EUA.

## Baterias Recarregáveis

As baterias recarregáveis representam hoje cerca de 8% do mercado europeu de pilhas e baterias. Dentre elas pode-se destacar a de níquel-cádmio (Ni-Cd) devido à sua grande representatividade, cerca de 70% das baterias recarregáveis são de Ni-Cd. O volume global de baterias recarregáveis vem crescendo 15% ao ano. As baterias de níquel-cádmio têm um eletrodo (cátodo) de Cd, que se transforma em Cd(OH)<sub>2</sub>, e outro (ânodo) de NiO(OH), que se transforma em Ni(OH)<sub>2</sub>. O eletrólito é uma mistura de KOH e Li(OH)<sub>2</sub>.

As baterias recarregáveis de Ni-Cd podem ser divididas basicamente em dois tipos distintos: as portáteis e as para aplicações industriais e propulsão. Em 1995 mais de 80% das baterias de Ni-Cd eram do tipo portáteis.

Com o aumento da utilização de aparelhos sem fio, notebooks, telefones celulares e outros produtos eletrônicos, aumentou a demanda de baterias recarregáveis. Como as baterias de Ni-Cd apresentam problemas ambientais devido à presença do cádmio outros tipos de baterias recarregáveis portáteis passaram a ser desenvolvidas. Esse tipo de bateria é amplamente utilizado em produtos que não podem falhar como equipamento médico de emergência e em aviação.

As baterias recarregáveis de níquel metal hidreto (NiMH) são aceitáveis em termos ambientais e tecnicamente podem substituir as de Ni-Cd em muitas de suas aplicações, mas o preço de sua produção ainda é elevado quando comparado ao das de Ni-Cd.

Foi colocado no mercado mais um tipo de bateria recarregável visando uma opção à utilização da bateria de Ni-Cd. Esse tipo de bateria é o de íons de lítio. As baterias de Ni-Cd apresentam uma tecnologia madura e bem conhecida, enquanto os outros dois tipos são recentes e ainda não conquistaram inteiramente a confiança do usuário.

### **Pilhas/Baterias e a Saúde**

Algumas substâncias que fazem parte da composição química das baterias são potencialmente perigosas e podem afetar a saúde. Especificamente, o chumbo, o cádmio e o mercúrio. Metais como o chumbo pode provocar doenças neurológicas; o cádmio afeta condição motora, assim como o mercúrio. É evidente que este assunto está em permanente pesquisa e a presença destes produtos está sendo reduzida.

No entanto, não há ocorrência registrada de contaminação ou prejuízo à saúde. Também não há registro de ocorrência de qualquer dano causado ao meio ambiente decorrente da deposição de pilhas em lixões.

As empresas que representam as marcas Duracell, Energizer, Eveready, Kodak, Panasonic, Philips, Rayovac e Varta, que compõem o Grupo Técnico de Pilhas da ABINEE têm investido nos últimos anos somas consideráveis de recursos para reduzir ou eliminar estes materiais.

Hoje elas já estão atendendo as exigências do artigo 6º da Resolução 257 do CONAMA que estabelece os níveis máximos dessas substâncias em cada pilha/bateria.

### **Cuidados:**

- **pilhas novas:** obedecer a informação dos fabricantes dos aparelhos, com relação a pólos positivos e negativos das pilhas. Não misturar pilhas velhas com novas ou pilhas de sistemas eletroquímicos diferentes. Não remover o invólucro das pilhas.

- **pilhas usadas:** não guardar, principalmente de forma aleatória. No caso de ocorrer vazamento, lave as mãos com água abundante; se ocorrer irritação procure o médico.

## Efeitos do Cádmi

O cádmio é predominantemente consumido em países industrializados, os maiores consumidores de cádmio são EUA, Japão, Bélgica, Alemanha, Grã-Bretanha e França, esses países representam cerca de 80% do consumo mundial.

Suas principais aplicações são como componentes de baterias de Ni-Cd, revestimento contra corrosão, pigmentos de tintas, estabilizante, além de ser elemento de liga para indústria eletrônica.

Em 1986, o consumo americano de cádmio foi de 4800 toneladas. Desse total, 26% (1268 toneladas) foram usados na produção de baterias. Estimou-se, também, que 73% (930 t) foram para os depósitos de lixo municipal.

O descarte das baterias de níquel-cádmio nos lixos municipais representa cerca de 52% de todo o cádmio dos lixos municipais todo ano.

Os efeitos prejudiciais à saúde associados à exposição ao cádmio começaram a ser divulgados na década de 40, mas a pesquisa sobre seus efeitos aumentou bastante na década de 60 com a identificação do cádmio como o principal responsável pela

Doença itai-itai. Essa doença atingiu mulheres japonesas que tinham sua dieta contaminada por cádmio.

Apesar do Cd não ser essencial para o organismo dos mamíferos ele segue os mesmos caminhos no organismo de metais essenciais ao desenvolvimento como o zinco e o cobre. A meia-vida do cádmio em seres humanos é de 20-30 anos, ele se acumula principalmente nos rins, no fígado e nos ossos, podendo levar à disfunções renais e osteoporose.

## Efeitos do Mercúrio

O mercúrio, apesar de ser um elemento natural que se encontra na natureza, pode ser encontrado em baixas concentrações no ar, na água e no solo.

Conseqüentemente o mercúrio pode estar presente, em algum grau, nas plantas, animais e tecidos humanos. Quando as concentrações do mercúrio excedem os valores normalmente presentes na natureza, entretanto, surge o risco de contaminação do meio ambiente e dos seres vivos, inclusive o homem.

O mercúrio é o único metal líquido à temperatura ambiente. Seu ponto de fusão é -40°C e o de ebulição 357°C. É muito denso (13,5 g/cm<sup>3</sup>), e possui alta tensão superficial. Combina-se com outros elementos como o cloro, o enxofre e o oxigênio, formando compostos inorgânicos de mercúrio, na forma de pó ou de cristais brancos. Um desses compostos é o cloreto de mercúrio, que aparece nas pilhas secas e será abordado no presente trabalho. Esse composto prejudica todo o processo de reciclagem se não for retirado nas primeiras etapas de tratamento.

Embora muitos fabricantes afirmem o contrário, a maioria das pilhas zinco-carbono possui mercúrio em sua composição, proveniente do minério de manganês. Apenas atualmente alguns desses fabricantes têm encontrado soluções para evitar o uso deste metal. O mercúrio também se combina com carbono em compostos orgânicos.

É utilizado na produção de gás cloro e de soda cáustica, em termômetros, em amálgamas dentárias e em pilhas.

O mercúrio é facilmente absorvido pelas vias respiratórias quando está sob a forma de vapor ou em poeira em suspensão e também é absorvido pela pele. A ingestão ocasional do mercúrio metálico na forma líquida não é considerada grave, porém quando inalado sob a forma de vapores aquecidos é muito perigoso. A exposição ao mercúrio pode ocorrer ao se respirar ar contaminado, por ingestão de água e comida contaminada e durante tratamentos dentários. Em altos teores, o mercúrio pode prejudicar o cérebro, o fígado, o desenvolvimento de fetos, e causar vários distúrbios neuropsiquiátricos.

O sistema nervoso humano é também muito sensível a todas as formas de mercúrio.

Respirar vapores desse metal ou ingeri-lo são muito prejudiciais porque atingem diretamente o cérebro, podendo causar irritabilidade, timidez, tremores, distorções da visão e da audição, e problemas de memória. Podem haver também problemas nos pulmões, náuseas, vômitos, diarreia, elevação da pressão arterial e irritação nos olhos, pneumonia, dores no peito, dispnéia e tosse, gengivite e salivação. A absorção pode se dar também lentamente pela pele.

No Brasil, os valores admissíveis de presença do mercúrio no ambiente e nos organismos vivos são estabelecidos por normas que estabelecem limites de tolerância biológica. A legislação brasileira através das Normas Regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho e a Organização Mundial de Saúde e através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 10004) estabelece como limite de tolerância biológica para o ser humano, a taxa de 33 microgramas de mercúrio por grama de creatinina urinária e 0,04 miligramas por metro cúbico de ar no ambiente de trabalho. O mercúrio ocupa lugar de destaque entre as substâncias mais perigosas relacionadas nessas normas. Por sua vez a norma regulamentadora NR15, do Ministério do Trabalho, que trata das atividades e operações em locais insalubres, também lista o mercúrio como um dos principais agentes nocivos que afetam a saúde do trabalhador.

Em 1988, o consumo de mercúrio americano foi de 1755 t. Deste total, 13% (225 t) foi usado na produção de baterias, dos quais 73% (173 t) foram usados na produção de baterias de óxido de mercúrio, e aproximadamente 126 t na produção de baterias para aplicações médicas, militares ou industriais. Portanto, ao menos 56% do mercúrio usado na produção de baterias é usado em baterias "não-domésticas".

Ao contrário do chumbo e do cádmio, espera-se que a quantidade de mercúrio consumido na produção de baterias continue a diminuir.

Além disso os fabricantes e importadores deverão implementar sistemas de coleta, transporte, armazenamento, reutilização, reciclagem tratamento e/ou disposição final, em prazos definidos na resolução. As pilhas e baterias que estiverem dentro das especificações acima poderão ser dispostas pela população juntamente com os resíduos domiciliares.

A resolução parece bastante conservadora uma vez que os limites propostos já estão na maioria dos casos dentro do que a maioria dos fabricantes de pilhas já alcançam a alguns anos. Assim, apenas as baterias de Ni-Cd e chumbo-ácido seriam sujeitas a maior controle pelas empresas.

Destaca-se que o efeito dos metais pesados depende muito do seu estado no material. Por exemplo, usa-se Hg nos amálgamas dentários. Entretanto a resolução permitirá até 250ppm (0,025%) de Hg nas pilhas. Não se considera que o mesmo está em sua maioria solúvel nestes materiais e portanto seriam considerados resíduos classe 1 se fossem submetidos à mesma sistemática de classificação de resíduos industriais.

## Reciclagem e Destinação de Pilhas e Baterias

As pilhas comuns e alcalinas, utilizadas em rádios, gravadores, walkman, brinquedos, lanternas etc, podem ser jogadas no lixo doméstico, sem qualquer risco ao meio ambiente, conforme determinação da Resolução CONAMA 257, publicada em 22 de julho de 1999.

Portanto, essas pilhas não precisam ser recolhidas e nem depositadas em aterros especiais. Isto porque os fabricantes nacionais e os importadores legalizados já comercializam no mercado brasileiro pilhas que atendem perfeitamente as determinações do CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente – no que diz respeito aos limites máximos de metais pesados em suas constituições.

Também podem ser dispostas no lixo doméstico as pilhas/baterias de:

- **Níquel-Metal-Hidreto (NiMH)** - utilizadas por celulares, telefones sem fio, filmadoras e notebooks;
- **Íon-de-Lítio** - utilizadas em celulares e notebooks;
- **Zinco-Ar** - utilizadas em aparelhos auditivos;
- **Lítio** - utilizadas em equipamentos fotográficos, agendas eletrônicas, calculadoras, filmadoras, relógios, computadores, notebooks, videocassete.

Além dessas, também podem ir para o lixo doméstico as pilhas/baterias especiais tipo botão e miniatura utilizadas em equipamentos fotográficos, agendas eletrônicas, calculadoras, filmadoras, relógios e sistemas de segurança e alarmes.

Portanto, só devem ser encaminhadas aos fabricantes e importadores, desde 22 de julho de 2000, as pilhas/baterias de:

- **níquel-cádmio** - utilizadas por alguns celulares, telefones sem fio e alguns aparelhos que usam sistemas recarregáveis.
- **chumbo-ácido** - utilizadas em veículos (baterias de carro, por exemplo) e pelas indústrias (comercializadas diretamente entre os fabricantes e as indústrias) e, além de algumas filmadoras de modelo antigo. Essas baterias já possuem um sistema de recolhimento e reciclagem, há muito tempo;
- **óxido de mercúrio** - utilizadas em instrumentos de navegação e aparelhos de instrumentação e controle (são pilhas especiais que não são encontradas no comércio).

## Sem agressões ao meio ambiente

No que depender das indústrias de pilhas e baterias representadas pela ABINEE, o meio ambiente no Brasil estará protegido. Essas empresas investiram em pesquisa e tecnologia e reduziram a quantidade de metais potencialmente perigosos na maioria dos seus produtos. No caso das pilhas e baterias, cuja composição ainda não atenda a legislação, os fabricantes e importadores estão definindo a estratégia de recolhimento do produto esgotado, a partir de julho de 2000. Com tais iniciativas, são atendidas as exigências do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, nas Resoluções 257/99 e 263/99.

Desde agosto de 1997, as indústrias de pilhas e baterias filiadas à ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - têm participado de diversas reuniões com órgãos governamentais (nos âmbitos municipal, estadual e federal), entidades civis e organismos não governamentais para discutir a questão da reciclagem, reutilização e disposição final de pilhas e baterias.

O resultado do amplo debate que incluiu diferentes setores da sociedade é a Resolução 257 publicada pelo CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, em 22 de julho de 1999. Essa regulamentação, complementada em 22 de dezembro de 1999 pela Resolução 263, estabeleceu duas referências que limitam a quantidade de metais potencialmente perigosos usados na composição dos produtos. A primeira está em vigor desde janeiro de 2000 e a segunda será válida a partir de janeiro de 2001.

As 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.

Utilizadas em lanternas, rádios, brinquedos, aparelhos de controle remoto, equipamentos fotográficos, pagers e walkman, as pilhas comuns e alcalinas possuem um mercado no Brasil que soma cerca de 800 milhões de unidades/ano. E como não oferecem risco à saúde e nem ao meio ambiente, depois de esgotadas elas podem ser dispostas junto com os resíduos domiciliares.

O mesmo destino devem ter 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.

A recomendação para o descarte desses dois grupos de pilhas vale somente para os produtos em conformidade com as determinações da Resoluções 257 e 263. As empresas alertam para os cuidados que se deve ter com as pilhas e baterias falsificadas ou importadas ilegalmente que, na maioria das vezes, não atendem as especificações corretas.

### **Tratamento especial**

O artigo 1º da Resolução 257 confere tratamento especial para as pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, acima dos níveis estabelecidos nos artigos 5º e 6º (box ao lado). Elas devem ser entregues, após seu esgotamento energético, pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas indústrias. A obrigatoriedade entra em vigor a partir de 22 de julho de 2000. Os fabricantes e importadores já estão definindo a estratégia ideal para realizar o recolhimento.

Também é deles a responsabilidade pelo tratamento final dos produtos que deverá ser ecologicamente correta e obedecer a legislação. Serão devolvidas as seguintes pilhas e baterias: de chumbo ácido, voltadas ao uso industrial e veicular (estas já possuem um esquema de coleta e reciclagem funcionando); de níquel cádmio, utilizadas principalmente em telefones celulares e aparelhos que usam pilhas e baterias recarregáveis; e as de óxido de mercúrio, as quais não são produzidas e nem importadas pelas empresas do grupo técnico de pilhas e lanternas da ABINEE.

Como os distribuidores e consumidores poderão distinguir as pilhas e baterias que devem ser devolvidas, daquelas que podem ser dispostas no lixo doméstico? Uma identificação na embalagem do produto trará o símbolo indicando o destino correto, conforme as ilustrações nas tabelas desta matéria.

### **Artigos em destaque das Resoluções CONAMA 257 e 263**

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 eletroeletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível deverão, após o 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.

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 25 mg 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 do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês
- III. com até 0,200% em peso de chumbo, quando forem do tipos alcalina-manganês e zinco-manganês.
- IV. com até 25 mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo pilhas miniaturas e botão. (inciso acrescido pela Resolução 263)

Art. 13º - As pilhas e baterias que atenderem aos limites previstos no art. 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 distinguí-los dos demais tipos de pilhas e baterias comercializados.

### Pilhas e baterias destinadas ao lixo doméstico

<b>Tipo / Sistema</b>	<b>Aplicação mais usual</b>	<b>Destino</b>
<b>Comuns e Alcalinas</b> Zinco-manganês Alcalina-manganês	Brinquedo, lanterna, rádio, controle remoto, rádio relógio, equipamento fotográfico, pager, walkmans	Lixo Doméstico
<b>Especial</b> Níquel-metal-hidreto(NiMH)	Telefone celular, telefone sem fio, filmadora	Lixo Doméstico
<b>Especial</b> Íons de lítio	Telefone celular e notebook	Lixo Doméstico
<b>Especial</b> Zinco-Ar	Aparelhos auditivos	Lixo Doméstico
<b>Especial</b> Lítio	Equipamento fotográfico, relógio, agenda eletrônica, calculadora, filmadora, notebook, computador, videocassete	Lixo doméstico
<b>Pilhas especiais do tipo botão e miniatura, de vários sistemas</b>	Equipamento fotográfico, agenda eletrônica, calculadora, relógio, sistema de segurança e alarme	Lixo doméstico

### Pilhas e baterias destinadas ao recolhimento

<b>Tipo / Composição</b>	<b>Aplicação mais usual</b>	<b>Destino</b>
Bateria de chumbo ácido	Indústrias, automóveis, filmadoras	Devolver ao fabricante ou importador
Pilhas e Baterias de níquel cádmio	Telefone celular, telefone sem fio, barbeador e outros aparelhos que usam pilhas e baterias recarregáveis	Devolver ao fabricante ou importador
Pilhas e Baterias de óxido de mercúrio	Instrumentos de navegação e aparelhos de instrumentação e controle	Devolver ao fabricante ou importador

As empresas associadas à ABINEE representam as seguintes marcas: Duracell, Panasonic, Philips, Rayovac e Varta. O Grupo Técnico de Pilhas e Lanternas é constituído pelas empresas que representam as seguintes marcas: Duracell, Energizer, Eveready, Kodak, Panasonic, Philips, Rayovac e Varta.

## Métodos de Reciclagem

Devido à pressões políticas e novas legislações ambientais que regulamentaram a destinação de pilhas e baterias em diversos países do mundo alguns processos foram desenvolvidos visando a reciclagem desses produtos. Para promover a reciclagem de pilhas, é necessário inicialmente o conhecimento de sua composição.

Infelizmente, não há uma correlação entre o tamanho ou formato das pilhas e a sua composição. Em diferentes laboratórios têm sido realizadas pesquisas de modo a desenvolver processos para reciclar as baterias usadas ou, em alguns casos, tratá-las para uma disposição segura.

Os processos de reciclagem de pilhas e baterias podem seguir três linhas distintas: a baseada em operações de tratamento de minérios, a hidrometalúrgica ou a pirometalúrgica. Algumas vezes estes processos são específicos para reciclagem de pilhas, outras vezes as pilhas são recicladas juntamente com outros tipos de materiais.

Alguns desses processos estão mencionados a seguir:

- **SUMITOMO** - Processo Japonês totalmente pirometalúrgico de custo bastante elevado é utilizado na reciclagem de todos os tipos de pilhas, menos as do tipo Ni-Cd.

- **RECYTEC** - Processo utilizado na Suíça nos Países Baixos desde 1994 que combina pirometalurgia, hidrometalurgia e mineralurgia. É utilizado na reciclagem de todos os tipos de pilhas e também lâmpadas fluorescentes e tubos diversos que contenham mercúrio. Esse processo não é utilizado para a reciclagem de baterias de Ni-Cd, que são separadas e enviadas para uma empresa que faça esse tipo de reciclagem. O investimento deste processo é menor que o SUMITOMO entretanto os custos de operação são maiores.

- **ATECH** - Basicamente mineralúrgico e portanto com custo inferior aos processos anteriores, utilizado na reciclagem de todas as pilhas.

- **SNAM-SAVAM** - Processo Francês, totalmente pirometalúrgico para recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd.

- **SAB-NIFE** - Processo Sueco, totalmente pirometalúrgico para recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd.

- **INMETCO** - Processo Norte Americano da INCO (Pennsylvania, EUA), foi desenvolvido inicialmente, com o objetivo de se recuperar poeiras metálicas provenientes de fornos elétricos. Entretanto, o processo pode ser utilizado para recuperar também resíduos metálicos proveniente de outros processos e as pilhas Ni-Cd se enquadram nestes outros tipos de resíduos.

- **WAE LZ** - Processo pirometalúrgico para recuperação de metais provenientes de poeiras. Basicamente o processo se dá através de fornos rotativos. É possível recuperar metais como Zn, Pb, Cd.

As baterias de Ni-Cd muitas vezes são recuperadas separadamente das outras devido a dois fatores importantes, um é a presença do cádmio, que promove algumas dificuldades na recuperação do mercúrio e do zinco por destilação; o outro é dificuldade de se separar o ferro e o níquel.

## Reciclagem de baterias de Ni-Cd

Assim como no caso geral de pilhas e baterias, existem dois métodos estudados para a reciclagem desse tipo de bateria um seguindo a rota pirometalúrgica e outro seguindo a rota hidrometalúrgica. Até o momento não foi possível o desenvolvimento de um processo economicamente viável utilizando a rota hidrometalúrgica. Assim, os processos de reciclagem atualmente empregados são baseados na rota pirometalúrgica de destilação do cádmio.

Apesar de serem constituídas por metais pesados perigosos as baterias de Ni-Cd são recicláveis. Já existem na Europa, Japão e EUA indústrias que reciclam esse tipo de bateria, a tabela 2 lista algumas dessas empresas. Em geral, os materiais produzidos na reciclagem dessas baterias são:

\*cádmio com pureza superior à 99,95%, que é vendido para as empresas que produzem baterias e

\* níquel e ferro utilizados na fabricação de aço inoxidável.

Na França isto é feito utilizando-se o processo SNAM–SAVAM e na Suécia utiliza-se o processo SAB-NIFE. Ambos processos fazem uso de um forno totalmente fechado, no qual o cádmio é destilado a uma temperatura entre 850 e 900oC conseguindo-se uma recuperação do cádmio com pureza superior à 99,95 %. O níquel é recuperado em fornos elétricos por fusão redução. A produção de óxido de cádmio em fornos abertos é descartada devido ao fato de se ter uma condição de trabalho extremamente insalubre.

Nos EUA a empresa INMETCO (International Metal Reclamation Company), que é uma subsidiária da INCO (The International Nickel Company), é a única empresa que tem a permissão de reciclar baterias de Ni-Cd utilizando processo a alta temperatura. Este processo está em operação desde dezembro de 1995. O processo utilizado pela INMETCO, assim como o SNAM-SAVAM e o SAB-NIFE, é baseado na destilação do cádmio. Nesse processo o níquel recuperado é utilizado pela indústria de aço inoxidável. O cádmio fica nos fumos misturado com zinco e chumbo, isso vai para uma outra empresa para posterior separação.

A reciclagem de baterias de Ni-Cd nem sempre se apresentou economicamente favorável devido à constante flutuação do preço do cádmio, assim ainda se estudam alternativas para a reciclagem visando melhorar os processos existentes ou ainda criar novos.

No Brasil uma empresa chamada SUZAQUIM anuncia que detém um processo para reciclagem de baterias de Ni-Cd, entretanto os autores deste trabalho não conhecem o processo empregado. Na Escola Politécnica os autores desenvolvem estudos há mais de 3 anos sobre reciclagem de pilhas e baterias usando diversas rotas. Os autores estão apresentando uma patente propondo um processo para reciclagem de pilhas e de baterias de Ni-Cd.

**Fontes: ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, Professores Jorge Alberto Soares Tenório e Denise Croce Romano Espinosa - docentes do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (PMT) da Escola Politécnica (Poli) da USP e BVSDE – Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (www.cepis.ops-oms.org)**

