

RECICLAGEM DE BATERIAS: ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL NO BRASIL

Denise Croce Romano Espinosa

Doutora em engenharia metalúrgica, Escola Politécnica, USP.

Jorge Alberto Soares Tenório

Professor associado, Escola Politécnica, USP.
jtenorio@usp.br

RESUMO

O descarte de pilhas e baterias é um problema que tem adquirido maior amplitude nos últimos anos, devido ao grande aumento do uso de produtos portáteis os quais necessitam de pilhas ou baterias como fonte de energia. Pilhas e baterias podem conter elementos tóxicos, como cádmio, mercúrio e chumbo, fazendo com que seu descarte precise ser controlado. O Brasil foi o primeiro país da América Latina a ter uma legislação para a regulamentação do descarte e tratamento de pilhas e baterias. A Resolução n. 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) estabelece limites de concentração de metais pesados em pilhas e baterias para que elas possam ser dispostas com o lixo doméstico. Como as pilhas e baterias são produtos consumidos pela população, o controle de seu descarte torna-se difícil. Para que a coleta seja eficiente é necessário um engajamento da população e, para que isto ocorra, a população precisa ser informada tanto do conteúdo da resolução como da importância de não se colocar as pilhas e baterias com o lixo doméstico. No mundo, já existem tecnologias consagradas para a reciclagem de alguns tipos das mesmas. No Brasil, a reciclagem de baterias automotivas de chumbo-ácido já é realizada em grande escala; entretanto, a reciclagem de outros tipos de pilhas e baterias ainda é bastante incipiente. Este trabalho traça uma análise da Resolução n. 257 do Conama e apresenta algumas sugestões e iniciativas de outros países, nessa área, as quais possam auxiliar no gerenciamento desse tipo de resíduo sólido urbano.

PALAVRAS-CHAVE

Reciclagem, baterias, NiCd.

ABSTRACT

The discharge of batteries is a problem that has acquired bigger amplitude in the last few years due to the increase on the use of portable devices, which use batteries as energy source. Batteries may contain toxic metals such as cadmium, mercury and lead; so their disposal must be controlled. Brazil was the first country in the Latin America to have a law that rules the discharge and treatment of batteries. The Brazilian law establishes limits of concentration of heavy metals within batteries, if the concentration of such metals is under the limits, the battery can be disposed of along with the municipal waste. Since batteries are products used by the population, their discharge is difficult to control. In order to have an efficient collection, the population must be engaged with the collection; and for the population became engaged with the collection, it must be informed about the law and the importance of discharge batteries separately from the domestic garbage. In the world, there are some long-established processes to recycle batteries. In Brazil, automotive (lead-acid) batteries are recycled for several years, whereas the recycling of other types of batteries is still incipient. This work does an analysis of the Brazilian law for battery recycling and presents some suggestions and examples of the initiatives of other countries in order to help the managing of this kind of dangerous waste.

KEY WORDS

Recycling, batteries, NiCd.

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE DESCARTE DE PILHAS E BATERIAS

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), em 30 de junho de 1999 regulamentou a fabricação e o descarte de pilhas e baterias. A seguir serão transcritos trechos dessa Resolução do Conama, n. 257/99.

"... Considerando os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte 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..."

"Art. 1º. As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos... 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..."

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

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

- com até 0,400% em peso de chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;*
- com até 25 mg de mercúrio, quando forem do tipo pilhas miniaturas e botão."*

"Art. 6º. A partir 1º de janeiro de 2001...:

- com até 0,010% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;*
- com até 0,015% em peso de cádmio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;*
- com até 0,200% em peso de chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês."*

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 à população, com os resíduos domiciliares.

A resolução parece bastante conservadora, uma vez que a maioria dos limites propostos já está dentro do que os fabricantes de pilhas alcançam há alguns anos. Assim, principalmente as baterias de NiCd e chumbo-ácido estão sujeitas a maior controle pelas empresas.

Destaca-se que o efeito dos metais pesados depende muito de seu estado no produto. Por exemplo, usa-se mercúrio (Hg) nos amálgamas dentários. A resolução permitirá até 250 ppm (0,025%) de Hg nas pilhas; entretanto, não se considera o mesmo estar, em sua maioria, solúvel nas pilhas e, assim, estas seriam consideradas resíduo classe 1, se submetidas à mesma sistemática de classificação de resíduos industriais.

As baterias de NiCd não estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação,

uma vez que elas contêm cerca de 17% de cádmio (Cd) (VON STURM, 1981, ADAMS, & AMOS 1993). Isso faz com que sua coleta e destinação sejam regulamentadas pela Resolução n. 257/99 do Conama. A reciclagem das baterias de NiCd é uma das alternativas propostas pela resolução para a destinação desse tipo de baterias. A lei de crimes ambientais, n. 9.605, prevê punição aos infratores flagrados jogando esses materiais no lixo comum: 1 a 4 anos de prisão e multa. O Brasil é o único país da América do Sul com leis sobre o assunto.

Atualmente, as empresas que comercializam baterias as quais necessitam de coleta e destinação adequadas já possuem um sistema de coleta organizado, e a destinação das baterias recolhidas depende da empresa. Segundo Reidler (2002), que estudou a situação atual das pilhas e baterias no município de São Paulo, o maior problema detectado no sistema de coleta e destinação das pilhas e baterias foi o desconhecimento da legislação por parte da população e de comerciantes.

SITUAÇÃO INTERNACIONAL

As legislações específicas para pilhas e baterias portáteis, no total, foram implementadas na década de 90. No geral, o foco está na restrição do mercúrio em pilhas alcalinas e secas e tipo botão e também nas baterias de NiCd. Contudo, em alguns países como Suíça, Noruega, Suécia e Alemanha, a exigência para a coleta é geral, não se limitando a tipos específicos de pilhas ou baterias (USEPA, 2002a).

Muitos tipos de pilhas e baterias possuem metais pesados e tóxicos em sua composição. Assim, esses materiais são potencialmente perigosos. Nos

aterros sanitários, eles são a principal fonte de mercúrio e cádmio, os quais podem ser lixiviados e, portanto, causar contaminações ao solo e aos lençóis freáticos. Em 1989, 54% do Cd e 88% do Hg contidos nos aterros sanitários eram provenientes desses materiais. Além disso, outras substâncias tóxicas, cloreto de amônio e hidróxido de potássio, também são, normalmente, usados como base do eletrólito (FISHBEIN, 2002).

A tendência observada é a eliminação de mercúrio em pilhas secas e alcalinas e o incentivo ao uso de sistemas com maior vida útil, como as baterias recarregáveis. As baterias de NiCd apresentam tendência de diminuição de seu consumo; entretanto, trata-se de um tipo de bateria para o qual existe tecnologia de reciclagem, enquanto praticamente todas as outras baterias portáteis não são totalmente recicláveis.

A legislação específica para pilhas e baterias aplicadas em todos os estados dos EUA passou a vigorar a partir de 1996 (Mercury-Containing and Rechargeable Battery Management Act), (USEPA, 2002b).

A legislação da União Européia foi aprovada em 1991 (91/157/EEC – *Batteries and Accumulators Directive*). Em resumo, essa diretiva visava limitar a concentração de mercúrio, cádmio e chumbo nas pilhas, padronizar a identificação das pilhas que podem ser recicladas e desenvolver programas de reciclagem (USEPA, 2002a).

Além disso, a diretiva européia visa atingir metas progressivas, como: até 2008 desenvolver o sistema de coleta de tal forma, que 75% das pilhas e baterias domésticas e 95% das baterias industriais sejam coletadas; até 2009 todo o cádmio deve ser eliminado, e recuperar 55% dos materiais por meio de processos de reciclagem.

A tendência é todas as pilhas e baterias serem coletadas em todos os países da Europa, principalmente as de NiCd.

A proposta da Associação Européia de Fabricantes de Pilhas é limitar a quantidade de mercúrio nas pilhas em 5 ppm e a coleta de todos os tipos de pilhas e baterias em 2003 (USEPA, 2002a).

A legislação austríaca é mais restritiva que a diretiva da União Européia, pois requer a coleta de todos os tipos de baterias. Nesse caso, a responsabilidade pela coleta e destinação fica a cargo dos fabricantes e importadores. O plano da Agência de Proteção Ambiental da Dinamarca é: a partir de 2002, coletar pelo menos 75% das pilhas e baterias. Na Alemanha, desde 1998 (Germany's Batteries Ordinance), a responsabilidade de coleta e destinação também recai sobre o fabricante ou importador. Os consumidores são obrigados a devolver qualquer tipo de pilha, de qualquer fabricante ou comerciante a um sistema de coleta, no qual todos os fabricantes participam. Estima-se que 900 milhões de pilhas de uso doméstico, o que equivale a aproximadamente 30.000 toneladas de pilhas, sejam devolvidas anualmente (USEPA, 2002a).

Existem poucas empresas capacitadas para reciclar pilhas na Europa. Destaca-se a Accurec Deutschland, em Mühlheim (Alemanha), com o processo TERA, subsidiada pelo Ministério do Meio Ambiente alemão. Existem também restrições quanto ao uso de metais tóxicos em pilhas, de maneira que as pilhas contendo esses metais devem possuir identificação.

A Agência de Proteção Ambiental de Taiwan estabelece o recolhimento decrescente de taxas com a quantidade de metais tóxicos presentes, visando estimular a redução destes elementos (USEPA, 2002a).

RECICLAGEM DE PILHAS E BATERIAS

Devido a pressões políticas e novas legislações ambientais, que regulamentaram a destinação de pilhas e baterias em diversos países, alguns processos foram desenvolvidos visando à reciclagem desses produtos.

Em 1999, na Europa, cerca de 76% das baterias de NiCd de uso doméstico ainda eram colocadas em aterros ou incineradas (COX & FRAY, 1999). Esse panorama era semelhante nos EUA (VALIANTE, 1999). A agência ambiental dos EUA, Environmental Protection Agency (EPA) estima que, em 1999, as baterias de NiCd representavam apenas 0,1% em peso do lixo urbano. Todavia, elas se constituíam na maior fonte de cádmio nos incineradores; era estimado que cerca de 75% do cádmio encontrado em incineradores de resíduos urbanos fosse proveniente de baterias de NiCd (VALIANTE, 1999).

Coleta

Um grande problema, quando se pensa na reciclagem de baterias, é a coleta, pois sua eficiência depende não apenas da cooperação da população, mas, principalmente, das indústrias, distribuidores e governo. Pode-se verificar esse problema tomando como exemplo um programa voluntário para reciclagem de baterias de NiCd iniciado na Suécia, em 1993, o qual tinha como objetivo a reciclagem de 90% das baterias de NiCd produzidas até o verão de 1995. O programa falhou, conseguindo apenas a taxa de reciclagem de 35% (VALIANTE, 1999).

A questão da coleta é bastante complexa uma vez que, apesar de a responsabilidade ser do setor público, os custos associados inviabilizam esta operação. Em alguns países existem

legislações específicas a tratarem desse tipo de problema, baseadas no princípio do *poluidor-pagador*. Ou seja, a empresa a qual produz ou importa o material é também a responsável por sua destinação, após o uso pelo consumidor.

Apesar de no país ainda não existir tal legislação, há setores em que ocorrem iniciativas muito interessantes a serem analisadas. O alumínio é um forte exemplo da iniciativa empresarial no sentido de reciclar materiais usados pela população. Atualmente, os índices de reciclagem de alumínio alcançados no Brasil estão entre os maiores do mundo (ABAL, 2001). Além disso, a indústria de reciclagem de latas de alumínio gera milhares de empregos em todo o país, sendo a atividade de "catação" de latas de alumínio fonte de renda para milhares de famílias carentes no país.

Lâmpadas fluorescentes contêm mercúrio na forma de vapor em sua constituição. A quebra dessas lâmpadas promove a liberação do mercúrio para o ambiente. No Brasil existe uma companhia que recebe essas lâmpadas e promove a extração do mercúrio de forma segura, reintroduzindo o bem no mercado e evitando a contaminação do solo. Nesse caso, a iniciativa de reciclagem fica por conta das empresas que enviam, em caixas especiais, as lâmpadas usadas para a empresa a qual realiza o tratamento das mesmas.

De forma análoga ao alumínio, as baterias de chumbo-ácido também são recicladas por empresas especializadas. A forma de coleta dessas baterias acontece em duas estratégias: na primeira, o usuário devolve a bateria na compra de uma nova; porém existem locais onde é possível comprar baterias sem a necessidade da troca, sendo a substituição no carro feita pelo próprio consumidor, dispensando-se a ajuda de um eletricitista ou mecânico de automóveis. Assim, os recicladores, em

algumas cidades do interior de São Paulo, fazem a aquisição das baterias usadas pelo uso de veículos utilitários com alto-falantes que circulam pela cidade, de maneira semelhante aos vendedores de verduras e frutas.

Nos EUA, a coleta de baterias de chumbo-ácido acontece pela cobrança de um depósito de US\$ 5-10, caso o consumidor não devolva a bateria usada. Esse sistema de coleta fez com que a reciclagem desse tipo de bateria, nos EUA, chegasse a cerca de 95-99%, em 1998 (VALIANTE, 1999).

No caso brasileiro, os exemplos de coleta citados acontecem sem incentivo ou mesmo obrigação do governo. Nota-se que para os três resíduos existem três estratégias diferentes encontradas, segundo o perfil da população e do produto. No caso do alumínio e do chumbo, a segregação desses materiais realiza-se, principalmente, movida por fatores econômicos, mas as formas encontradas para adquirir esses resíduos são bastante diferentes.

Para o caso das latas houve, durante um intervalo de tempo, uma eficiente divulgação e conscientização da população, usando os meios de publicidade, sendo esta, em grande parte, patrocinada pelo produtor de latas, que não era reciclador na ocasião, mas sim interessado em manter a imagem de seu produto. No caso do chumbo, a estratégia encontrada foi totalmente diferente, ou seja, existem postos de troca.

O caso das lâmpadas fluorescentes é bastante interessante, uma vez que o custo da segregação é totalmente coberto pelas empresas ou entidades com efetivo interesse ambiental.

Para alguns resíduos, entretanto, não há interesse das empresas geradoras do produto em contribuir para o encaminhamento ambiental aceitável do problema. Nesses casos, existe uma

lacuna a ser coberta pela legislação. Assim, deve caber ao poder público formular leis que promovam e responsabilizem as empresas a desenvolverem sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos, mesmo quando os mesmos são classificados como urbanos e, principalmente, para os casos de resíduos sólidos com elementos tóxicos ou que possam trazer problemas ao meio ambiente.

Apesar de vários países terem legislações específicas para a destinação de baterias, muitas vezes a coleta não é eficiente. Na Europa, em 1995, cerca de 5% das baterias de NiCd consumidas pela população eram recicladas, já as baterias de NiCd industriais apresentavam uma taxa de reciclagem bem mais elevada, aproximadamente 48% (DAVID, 1995).

Cada país pratica uma estratégia de coleta diferente. Por exemplo, na Alemanha foi testada uma estratégia de coleta conscientizando-se o consumidor a separar e devolver as baterias. Essa estratégia teve uma eficiência muito baixa, pois cerca de 50% das baterias não eram de NiCd. Melhor resultado foi obtido incentivando-se o consumidor a devolver as baterias usadas aos revendedores, que as separam e encaminham para as empresas recicladoras (DAVID, 1995).

No Brasil, o sistema de coleta de baterias recarregáveis está começando e sua eficiência ainda é difícil de inferir. Além disso, nenhuma empresa importadora de baterias de NiCd recicla no país. Atualmente, todas as baterias recarregáveis são passíveis de serem recolhidas pelos revendedores.

Reciclagem

Existem diversos processos consagrados para a reciclagem de pilhas e baterias no mundo, os quais estão

sendo empregados, principalmente, em países mais ricos como EUA, países da Europa e Japão. A legislação brasileira não obriga a reciclagem de pilhas secas e alcalinas, pois estas já apresentam concentrações de metais pesados inferiores aos limites estipulados.

Os principais tipos de baterias recarregáveis de uso doméstico são chumbo-ácido, NiCd, NiMH e íons de lítio. Destas, as baterias de chumbo-ácido foram as primeiras a serem desenvolvidas e sua utilização extensiva pela população também é mais antiga. O processo para sua reciclagem é consagrado e elas são recicladas em diversos países do mundo, os quais também desenvolveram programas de coleta desse tipo de bateria. Assim, mesmo que elas contenham chumbo, um metal tóxico, continuam em uso, não oferecendo muitos riscos ao meio ambiente, já que apresentam altas taxas de reciclagem e não são dispostas em aterros.

A utilização de baterias de NiCd pela população começou a tornar-se mais significativa na segunda metade do século 20, a partir da década de 80, com o aumento do uso de aparelhos eletroeletrônicos. Nessa época, a disposição de baterias de NiCd de uso doméstico em aterros sanitários começou a ser questionada, apesar de ainda não ser considerada um problema. As previsões de descarte de baterias indicavam que este seria um problema em curto período de tempo. Foi realizado um estudo de 100 dias, a mostrar que as pilhas de mercúrio eram corroídas em aterros, liberando seu conteúdo. As pilhas secas também apresentaram corrosão evidente. As baterias de NiCd foram perfuradas, durante o estudo, mas seu conteúdo não tinha sido liberado. Estimou-se que este, dispondo de maior tempo, também seria lixiviado para o chorume do aterro (STEVENS & WRIGHT, 1980).

As baterias de NiMH e de íons de lítio não apresentam metais pesados restringidos pela lei, mas a tendência internacional é para a reciclagem das mesmas. Sua utilização pela população tem aumentado, em substituição das baterias de NiCd.

Infelizmente, a distinção dos diversos tipos de pilhas e baterias, externamente, nem sempre é fácil, fazendo com que elas sejam coletadas juntas. Um fator importante enfatizado na literatura é o efeito da contaminação da carga para ser reciclada com outros tipos de pilhas ou baterias. Em geral, os processos para reciclagem de pilhas secas e alcalinas não aceitam contaminação com baterias de NiCd e vice-versa.

A mistura de baterias de NiCd com pilhas secas e alcalinas, nos processos pirometalúrgicos de reciclagem de pilhas, atualmente deve ser evitada, pois, se houver contaminação da carga, o zinco obtido ficaria contaminado com cádmio. O mesmo valeria para os processos de reciclagem de baterias de NiCd, nos quais o cádmio ficaria contaminado com zinco.

Outro metal volátil que pode contaminar os produtos dos processos pirometalúrgicos é o mercúrio, o qual, além de contaminar o metal reciclado, ainda é um metal tóxico.

Os processos de reciclagem de baterias de NiCd também tratam baterias de NiMH. Contudo, nesses processos, a reciclagem se restringe à recuperação do níquel contido nas baterias de NiMH. Os outros elementos, como as Terras Raras, não são recuperados. Com o intuito de recuperá-las também, processos hidrometalúrgicos estão sendo desenvolvidos, mas ainda em fase de pesquisa.

Outro tipo de bateria de uso doméstico bastante comum é o de íons de lítio. Ainda não há um processo estabelecido para a reciclagem desse tipo de bateria, na qual o metal mais visado

para recuperação é o cobalto. Entretanto, pesquisas visando ao desenvolvimento de novos materiais para eletrodos para o sistema de íons de lítio tendem a tentar substituir o cobalto por um metal mais barato, a fim de diminuir o custo final da bateria, atualmente mais caro quando comparado com as baterias de NiCd e NiMH.

Processos para a separação de baterias e pilhas, em função de sua composição química, já estão sendo desenvolvidos. Um desses processos efetua a análise e separação das baterias por raios X (RAUSCH, 1998; SATTER, 1998; WATSON, 1999).

DISCUSSÃO

Hoje, existem vários processos em operação para a reciclagem de baterias de NiCd. Já o sistema de coleta desse produto ainda não está tão estabelecido quanto no caso das baterias de chumbo-ácido. Nos EUA, a empresa Rechargeable Battery Recycling Corporation (RBRC) atua na coleta de baterias de NiCd e envia-as para o processo Inmetco para serem recicladas. Desde 2000, a RBRC também coleta outros tipos de baterias para serem recicladas. Além das enviadas pela RBRC, o Inmetco ainda coleta pelo correio (LANKEY, 1998).

Na Europa, a European Portable Battery Association (EPBA) atua na área de coleta de pilhas e baterias, além de incentivar programas de coleta e separação por intermédio de propagandas e palestras.

No Brasil, não há uma associação ou empresa responsável pela coleta das baterias de NiCd, a qual centralize esforços não apenas para isso, mas também para a informação da população. Essa coleta ficou restrita à iniciativa das empresas importadoras e é

feita de maneira dispersa. Não há um órgão público, associação ou empresa encarregada de coletar esses resíduos. A população, em geral, não está ciente da resolução, com força de lei, que obriga a devolução de alguns tipos de pilhas e baterias, nem se possui algum dos tipos destas, as quais não podem ser dispostas com o lixo doméstico (REIDLER, 2002).

A Resolução n. 257 do Conama, a regulamentar o descarte de pilhas e baterias, não estabelece metas específicas para a coleta das pilhas e baterias que precisam ser coletadas, como acontece na Europa, fazendo com que o esforço para a coleta não seja tão eficiente e deixa a resolução mais branda.

Geralmente, as empresas importadoras de baterias de NiCd apenas as recebem usadas, caso o cidadão a devolva, e somente a aceitam quando é da mesma marca, ficando a cargo daquele “descobrir” como devolvê-la, quando isso é possível. Não há uma campanha de conscientização que informe e incentive as pessoas a encaminharem suas baterias esgotadas para as assistências técnicas da marca utilizada.

As baterias de telefone celular foram as mais evidenciadas, pois quem possui um desses aparelhos sabe da necessidade de recarregar periodicamente e até, eventualmente, trocar a bateria. Entretanto, existem outros produtos eletroeletrônicos os quais podem conter baterias de NiCd em seu interior, como brinquedos, luzes de emergência, ferramentas sem fio, telefones sem fio, filmadoras, *notebooks* e uma infinidade de equipamentos com baterias recarregáveis, cujos donos não sabem qual o tipo de bateria instalada em seu aparelho nem mesmo se ela existe.

As baterias de NiCd de uso doméstico estão sendo substituídas pelas de NiMH

e íons de lítio. Como dito anteriormente, estas, apesar de serem consideradas menos agressivas ao meio ambiente, ainda não contam com um processo de reciclagem consagrado, como no caso das de NiCd, além de terem um custo mais elevado para o consumidor.

O atual modelo de gestão de baterias no Brasil possui as contradições e falhas apontadas, mas não se pode tirar o mérito do Conama na iniciativa, pioneira na América Latina.

Contudo, ao contrário do que acontece em outros países, notadamente Estados Unidos e Europa, a possuem legislação específica sobre baterias, a legislação nacional não promoveu a reciclagem, nem mesmo das que sofreram maiores restrições (como as de chumbo-ácido e de NiCd). Talvez a principal consequência seja o desaparecimento do mercado das baterias de NiCd usadas para telefonia celular. Todavia, elas ainda são usadas em outras aplicações.

O banimento do cádmio, preconizado por algumas diretivas europeias, aparentemente está cada dia mais longe de ser viável (LETSRECYCLE.COM, 2002). Acrescenta-se a isso o fato de as baterias de NiCd serem as únicas a passarem por processos estabelecidos para sua reciclagem. Apesar do potencial poluidor maior do das baterias de NiMH e de íons de lítio, as de NiCd têm um ciclo de vida mais fechado e, conseqüentemente, podem ser consideradas mais “sustentáveis” que as concorrentes.

Acrescente-se ainda a necessidade da adoção de um modelo de crescimento sustentável para o setor de energia. Nesse caso, as baterias industriais de NiCd ainda são uma das principais alternativas, uma vez que os sistemas mais novos (NiMH e íons de lítio) ainda estão longe de apresentarem as mesmas características de desempenho.

Portanto, uma das alternativas para se avançar na direção de um desenvolvimento sustentável nesse setor seria a elaboração de metas específicas de reciclagem, tal como acontece atualmente para os pneus (Resolução n. 258), associada a uma estrutura de gerenciamento e promoção da coleta e reciclagem de todos os tipos de baterias, ficando os custos desse sistema embutidos nos produtos.

Tais ações propiciariam não apenas a implementação de sistemas de educação, coleta e reciclagem, mas também o desenvolvimento de novas baterias mais facilmente recicláveis e contendo menores quantidades de metais tóxicos.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS, P. A.; AMOS, C. K. Batteries. In: LORD, H. F. *The McGraw-Hill recycling handbook*. Nova York: McGraw-Hill Inc., 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO (ABAL). *Números da Indústria Brasileira de Alumínio – Reciclagem*. Disponível em: <http://www.abal.org.br/numeros/index.cfm?frame= numeros_r eciclagem>. Acesso em: 20 set. 2001.

COX, A.; FRAY, D. J. Recycling of cadmium from domestic, sealed NiCd battery waste by use of chlorination. *Trans. Instn. Min. Metall (Sect. C: Mineral Process. Extr. Metall)*, v. 108, p. C153-C158, set./dez. 1999.

DAVID, J. Nickel-cadmium battery recycling evolution in Europe. *Journal of Power Sources*, v. 57, p. 71-73, 1995.

FISHBEIN, B. *Industry Program to Collect Nickel-Cadmium (Ni-Cd) Batteries*. Disponível em: <<http://www.informinc.org/battery.html>>. Acesso em: 3 ago. 2002.

LANKEY, R. *Materials management and recycling for nickel-cadmium batteries*. 212 p. 1998. Tese (Doutorado) – Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University. Pittsburgh, 1998.

LETSRECYCLE.COM *Battery Recycling*. Disponível em: <<http://www.letsrecycle.com/legislation/batteries.htm>>. Acesso em: 11 out. 2002.

RAUSCH, S. Sorting of spent batteries by a fast X-ray technique in the SORBAREC-process. In: 4th INTERNATIONAL BATTERY RECYCLING CONGRESS. *Anais*. Hamburgo, Alemanha. 1–3 de julho, 1998.

REIDLER, N. M. V. L. *Resíduos gerados por pilhas e baterias usadas: Uma avaliação da situação brasileira 1999-2001*. 183 p. 2002. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SATTER, H. P. See the label – know the type: A new sorting technique for spent batteries. In: 4th INTERNATIONAL BATTERY RECYCLING CONGRESS. *Anais*. Hamburgo, Alemanha. 1–3 de julho, 1998.

STEVENS, C.; WRIGHT, J.; Disposal of spent batteries. *Chemistry and Industry*, v. 5, p. 527-529, 1980.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Product Stewardship – International Initiatives for Batteries*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/reduce/epr/products/bintern.html>>. Acesso em: 3 ago. 2002.

—. *Implementation of the Mercury-Containing and Rechargeable Battery Management Act*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/recycle/battery.txt>>. Acesso em: 3 ago. 2002.

VALIANTE, U. Batteries not included. *Hazardous Materials Management*. Jan. 1999. Disponível em: <<http://www.hazmatmag.com>>. Acesso em: 30 nov. 2001.

VON STURM, F. Secondary Batteries – Nickel-Cadmium Battery. In: BOCKRIS, J. O'M. *Comprehensive Treatise of Electrochemistry*. Nova York: Plenum Press, p. 385-405, v. 3, 1981.

WATSON, N. Post consumer battery sorting: A review of the high speed sorting process in the Netherlands. In: 5th INTERNATIONAL BATTERY RECYCLING CONGRESS. *Anais*. Deauville, França. 27-29 set. 1999.