

Reciclagem de Pilhas e Baterias

Jorge Alberto Soares Tenório

Professor Associado

Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Escola Politécnica – Universidade de São Paulo

Denise Croce Romano Espinosa

Mestre em Engenharia

Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais

Escola Politécnica – Universidade de São Paulo

Av. Prof. Mello Moraes 2464, São Paulo - SP 05508-900 Brasil

Tel. : (+11)818-5546 Fax: (+11)818-5421 e-mail: jtenorio@usp.br

Introdução

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) cerca de 1% do lixo urbano é constituído por resíduos sólidos urbanos contendo elementos tóxicos ⁽¹⁾. 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 MnO₂ 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^{(2), (3)}.

Estas pilhas contém 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^{(4), (3)}.

As pilhas alcalinas são compostas de um anodo, um “prego” de aço envolto por zinco em uma solução de KOH alcalina (pH~14), um catodo de anéis de MnO₂ compactado envoltos por uma capa de aço niquelado, um separador de papel e um isolante de nylon⁽⁵⁾. 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⁽⁴⁾.

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⁽⁶⁾.

As baterias de níquel-cádmio têm um eletrodo (catodo) de Cd, que se transforma em $Cd(OH)_2$, e outro (anodo) de $NiO(OH)$, que se transforma em $Ni(OH)_2$. O eletrólito é uma mistura de KOH e $Li(OH)_2$.

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⁽⁷⁾.

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 desenvolvidos. 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⁽⁷⁾.

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. A tabela 1 mostra algumas características dos 3 tipos de baterias recarregáveis citados anteriormente⁽⁸⁾.

Tabela 1 – Quadro comparativo entre as baterias recarregáveis portáteis disponíveis no mercado⁽⁸⁾.

	Ni-Cd	NiMH	Íons de Lítio
Densidade de Energia (Wh/kg)	40-60	60-80	100
Ciclo de Vida *	1500	500	500-1000
Tempo de carga rápida	1h	2-4h	8-15h
Tolerância à sobrecarga	moderada	Baixa	muito baixa
Custo típico (US\$) †	50	70	100
Uso comercial desde	1950	1990	1991

* quantidade de ciclos de carga/descarga para a capacidade da bateria decair de 100% para 80%

† Preço em US\$ com referência nos Estados Unidos em maio/98

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.

Efeitos do Cádmio

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 componente de baterias de Ni-Cd, revestimento contra corrosão, pigmentos de tintas, estabilizante, além de ser elemento de liga para indústria eletrônica⁽⁹⁾.

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 representam cerca de 52% de todo o cádmio dos lixos municipais todo ano⁽¹⁰⁾.

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⁽¹¹⁾.

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, e pode ser encontrado em baixas concentrações no ar, na água e no solo. Consequentemente 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/cm³), 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 NBR10004)⁽¹²⁾ 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⁽¹³⁾, 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.⁽¹⁴⁾

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”⁽⁴⁾.

Ao contrário do chumbo e do cádmio, espera-se que a quantidade de mercúrio consumido na produção de baterias continue a diminuir⁽⁴⁾.

Resolução do CONAMA

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 desta resolução do CONAMA.

“...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 25mg 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;"

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 amalgamas 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.

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 ⁽³⁾. 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 ⁽¹⁵⁾.
- **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 ^(15,16,17).
- **ATECH**- Basicamente mineralúrgico e portanto com custo inferior aos processos anteriores, utilizado na reciclagem de todas as pilhas ^(15,3).
- **SNAM-SAVAM**- Processo Francês, totalmente pirometalúrgico para recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd ⁽¹⁸⁾.
- **SAB-NIFE**- Processo Sueco, totalmente pirometalúrgico para recuperação de pilhas do tipo Ni-Cd ⁽¹⁹⁾.
- **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 ^(20,21).
- **WAEELZ**- 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 ^(22,23).

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 ⁽²⁴⁾.

Tabela 2 – Algumas empresas que fazem a reciclagem de baterias de Ni-Cd ⁽²⁴⁾.

País	Empresa
Alemanha	AccAccurec Mühlheim
Suécia	Saft – Oskarshamm
França	SNAM
E.U.A.	INMETCO
Japão	Japan Centers Recycle

Em geral, os materiais produzidos na reciclagem dessas baterias são ^(25, 26):

- 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 900 °C conseguindo-se uma recuperação do cádmio com pureza superior à 99,95 % ^(27,26). 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 ⁽²⁸⁾.

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 um 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.

Referências Bibliográficas

¹ FONTOURA, C. **Bateria usada vira problema para donos de celular.** – *O Estado de São Paulo* – 24 de agosto de 1998.

² Site na Internet: <http://www.gd.com.br/walter/Pilhas.htm>

³ FRENAY, J.& FERON, S., **Domestic Battery Recycling in Western Europe**, In: Second International Symposium in Recycling of Metals and Engineered Materials, Ed, By

- J,H,L, Van Linden, D,L, Stewart Jr., Y, Sahai - The Minerals, Metals & Materials Society, 1990, 639-647
- ⁴ ADAMS, A. P., AMOS Jr., C. K., Batteries, The Mc Graw Hill Recycling Handbook, pp 19.1-19.31
- ⁵ CASTELLANI, C.V., Rayovac - Grupo Microlite, *Comunicação Pessoal*
- ⁶ The EPBA two step plan – site na Internet: <http://www.epba-europe.org/docs/tech01.htm>
- ⁷ PUTOIS, F. **Market for nickel-cadmium batteries.** *Journal of Power Sources*, 57, 1995, pp. 67-70.
- ⁸ Choice of Battery Chemistries. – site na Internet: <http://www.cadex.com/html/chemistry.htm>
- ⁹ Il Cadmio: Proprietà ed Applicazioni – *Metallurgia Italiana* 82(1), 1990, pp. 75-77.
- ¹⁰ HEMENWAY, C.G., GILDERSLUVE, J.P., **ISO 14000 - O que é ?**, IMAM, 1995
- ¹¹ GOERING, P. L., WAALKES, M. P. & KLAASSEN **Toxicology of Cadmium.** In: GOYER, R. A., CHERIAN, M. G. **Toxicology of Metals – Biochemical Aspects**, *Spring-Verlag*, Alemanha, 1995, pp. 189-191.
- ¹² Site na Internet: <http://www.abnt.org.br>
- ¹³ Site na Internet: <http://www.mtb.gov.br/legi/nrs/nr15r.htm>
- ¹⁴ Site na Internet: <http://www.apliquim.com.br>
- ¹⁵ FRENAY, J.; ANCIA, PH. & PRESCHIA, M., **Minerallurgical and Metallurgical Processes for the Recycling of Used Domestic Bateriaes**, In: Second International Conference on Recycling of Metals, 1994, ASM, 13-20.
- ¹⁶ JORDI, H., **A Financing System for Battery Recycling in Switzerland**, *Journal of Power Sources*, 57 (1995), 51-53.
- ¹⁷ AMMANN, P., **Economic Considerations of Battery Recycling Based on Recytec Process**, *Journal of Power Sources*, 57 (1995), 41-44
- ¹⁸ SCHWEERS, M.E., ONUSKA, J.C. & HANEWALD, R.K.; **A pirometallurgical process for recycling cadmium containing batteries** - Proceeding of HMC-South '92, New Orleans, 1992, pp 333-335.
- ¹⁹ ANULF, T, **SAB NIFE recycling concept for nickel-cadmium batteries – na industrialized and environmentally safe process**, Proc. 6th. Intern. Cadmium Conf., 161-163, Cadmium Assoc., 1990.
- ²⁰ HANEWALD, R. H.: SCHWEYER, L, DOUGLAS & HOFFMAN M.D. **High Temperature Recovery and Reuse of Specialty Steel Pickling Materials and Refractories at INMETCO**, Electric Furnace Conference Proceeding, 1991, 141-146.
- ²¹ HANEWALD, R. H.: MUNSON, W. A. & SCHWEYER, D. L. **Processing EAF dusts and Other Nickel-Chromium Waste Materials Pyrometallurgically at INMETCO**, *Minerals and Metallurgical Processing*, nov, 1992, 169-173.
- ²² Egocheaga-Garcia Borja, **Developing The Waelz Process: Some New Possibilities For The Preparations of The Load in The Waelz Process and Ultradepletion of The Volatile Fraction Obtained in This Process.** Third International Conference On The Recycling of Metals 1997, ASM, 387-402.

- ²³ MOSER, W. S.; MAHIER, G. T. Jr., KNEPPER, R. T.; KUBA, M. R. & PUSATERI, F. J. **Metals Recycling From Steelmaking and Foundry Wastes by Horsehead Resource Development**, Electric Furnace Conference Proceedings 1992, 145-157
- ²⁴ European Portable Battery Association – EPBA Position on the Proposed Prohibition of Nickel Cadmium Batteries. – site na Internet: <http://www.epba-europe.org/docs/pos03.htm>.
- ²⁵ International Metals Reclamation Company (INMETCO) – site na Internet: <http://www.rbrc.com/inmetco.htm>
- ²⁶ DAVID, J. **Nickel-cadmium battery recycling evolution in Europe**. *Journal of Power Sources*, 57, 1995, pp.71-73.
- ²⁷ International Metals Reclamation Company (INMETCO) – site na Internet: <http://www.rbrc.com/inmetco.htm>
- ²⁸ **About INMETCO** – site na Internet: <http://www.inmetco.com.about.html>