

5. CONCLUSÕES

A menor capacidade de neutralização obtida pelas diferentes frações do material utilizado, perante a drenagem ácida constituída por Fe^{+3} , Fe^{+2} , Zn^{+2} e Mn^{+2} (composições 1 e 2), é explicada pela precipitação de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sobre a superfície da nefelina sienito, influenciando, portanto, na completa eficiência do material.

O material mais fino (+400#) confere uma neutralização mais rápida, seja qual for a composição da drenagem usada.

BIBLIOGRAFIA

1. AGRICOLA, R. De re metálica. Dover: Dover Publications, 1556.
2. KIM, A.G., HEISEY, B.S., KLEINMANN, R.L.P. et al. Acid mine drainage: control and abatement research. United States Bureau of Mines, USBM IC 8905, 1982, pp.22.
3. SANCHEZ, L.E., HENNIES, W.T., MÉDICI DE ESTON, S. et al. Cumulative impact and environmental liabilities in the Santa Catarina coalfield in southern Brazil. 3rd. Int.Conf. on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production Proceedings. 30th August-1st September 1994, Perth: Western Australia, pp.75-85.
4. NATURAL Resources Canada. Mend Programme. <http://www.NRCan.gc.ca/Mets/MEND>.
5. HAMILTON, W.R., WOOLLEY, A.R., BISHOP, A.C. The Hamlyn guide to minerals, rocks and fossils. London: Hamlyn Publishing Group Limited, 1974.
6. STANDARD methods for the examination of water and wastewater. In: Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Trussel, R.R. (eds.). 17th ed., Washington, D.C: APHA, AWWA, WPCF, Part 2310, 1989.

Reciclagem de Pilhas Secas

Adriana Vazquez Estevez

Bolsista de Iniciação Científica, Engenharia Química, UFRJ

Juliano Peres Barbosa

Orientador, Químico, M.Sc.

Paulo Sérgio Moreira Soares

Co-orientador, Engenheiro Metalúrgico, M.Sc.

RESUMO

As pilhas secas, presentes no dia-a-dia do homem moderno contêm elementos tais como Hg, Cd e Zn, os quais podem causar sérios problemas ambientais. O presente trabalho apresenta dados quantitativos e qualitativos a cerca do tipo de pilhas consumidas no mercado brasileiro, como primeiro passo para o desenvolvimento de um processo de reciclagem economicamente viável para estes produtos, visando a minimização de impactos ambientais.

1. INTRODUÇÃO

As pilhas secas estão presentes no dia-a-dia do homem moderno, sendo normalmente utilizadas em aparelhos como rádios, brinquedos, câmeras, relógios, calculadoras, telefones e computadores(1). Essas pilhas contêm elementos poluentes, tais como Hg, Cd, Pb, Cr e Zn, os quais, se introduzidos no meio ambiente, podem causar sérios problemas devido às suas propriedades de bioacumulação através da cadeia alimentar e seus efeitos tóxicos no organismo humano e de outros animais.

Em geral, após utilizadas, as pilhas secas são descartadas no lixo doméstico e acabam sendo encaminhadas aos aterros sanitários das grandes metrópoles(2). As duas principais conseqüências desse fato são: primeiramente, isso pode tornar o processo de reciclagem dos constituintes das pilhas economicamente inviável, o que é lamentável, pois as pilhas secas, se aproveitadas, poderiam trazer um aporte adicional às quantidades recicladas dos metais nelas contidos, possíveis de serem regenerados como

produtos químicos ou ligas. Em segundo lugar, as pilhas usadas podem romper-se como consequência de manipulação inapropriada, e seu conteúdo sofrer uma lixiviação natural se a intensidade de chuvas for pronunciada. A lixiviação pode arrastar os metais pesados que fazem parte da composição das pilhas secas, infiltrando-os no solo ou levando-os aos rios e lagos.

Outros aspectos do problema são a falta de informação do público com relação aos riscos ambientais causados pelo descarte das pilhas secas, o incipiente desenvolvimento de programas de coleta seletiva de lixo urbano no Brasil e, finalmente, as limitações econômicas que poderão influenciar a viabilidade do processo de reciclagem.

Sendo assim, o desenvolvimento de uma tecnologia de reciclagem de pilhas secas torna-se um desafio que envolve questões econômicas e ambientais.

A motivação para o presente estudo deu-se em resposta à ausência, no país, de uma prática regular para a disposição em larga escala das pilhas usadas e, conseqüentemente, de seus materiais componentes, como resíduos sólidos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é reunir informações de forma sistemática para quantificar, em nível nacional, o mercado consumidor de pilhas secas, o tipo de produto com o qual se está trabalhando e o seu potencial poluidor, uma vez que esse potencial é uma consequência das quantidades consumidas e da composição química do produto.

3. METODOLOGIA

O início do trabalho em questão deu-se com um levantamento bibliográfico detalhado acerca do tema. Para o levantamento, utilizou-se intensamente a rede Internet visando-se a obtenção de dados atualizados, uma vez que há escassez de bibliografia técnica especializada sobre reciclagem de pilhas secas de uso doméstico e seu potencial poluidor, pois o interesse no assunto é recente, mesmo no exterior.

Vale frisar que o escopo dessa etapa do trabalho limita-se ao estudo de pilhas secas, ou seja, de pilhas alcalinas e de zinco-

carbono, não se incluindo estudos sobre outros tipos de pilhas, tais como as pilhas de óxido de prata ("de botão") ou as pilhas de níquel-cádmio, o que é um objetivo futuro.

Objeto de atenção especial foram as visitas feitas à filial da empresa fabricante de pilhas Ray-O-Vac™ e ao Centro de Pesquisas Aplicadas da COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana), no Rio de Janeiro, com vistas a se coletar dados numéricos e de qualidade que pudessem agregar informações quantitativas ao presente trabalho.

Após a coleta dos dados, foi efetuada uma análise crítica do material levantado, buscando verificar como o Brasil se posiciona em face de outros países do mundo, em relação às quantidades de metais pesados toleradas no chorume e no composto obtido a partir do lixo. Pesquisando a política do governo sobre o problema, constatou-se que no país não há uma lei que regulamente a quantidade de metais pesados nos vazadouros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mercado brasileiro de equipamentos e utensílios eletroeletrônicos, de uso doméstico ou pessoal, teve grande crescimento nos últimos anos, e como consequência desse acréscimo, o consumo de pilhas secas experimentou um aumento expressivo, conforme representado na Figura 1.

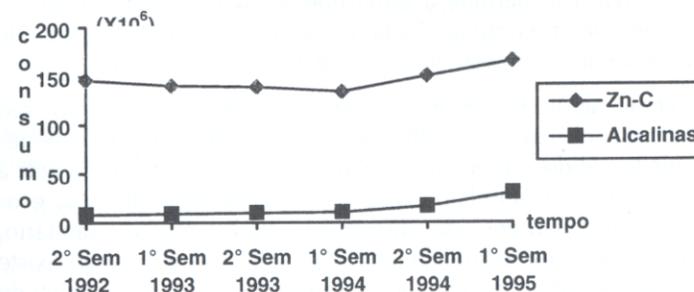


Figura 1 - Evolução do consumo brasileiro de pilhas secas em milhões de unidades

Estima-se, segundo informes de produtores, que o mercado brasileiro de pilhas de uso doméstico movimenta anualmente cerca de 261 milhões de dólares, consumindo aproximadamente 350 milhões de unidades, isto considerando-se apenas as pilhas secas (alcalinas e de zinco-carbono), as quais constituem a maior parcela do mercado. No Brasil, as principais marcas e as suas respectivas participações no mercado são: a *Ray-O-Vac*TM(51%), a *Panasonic*TM(17%), a *Duracell*TM(14,5%), a *Eveready*TM(13%), a *Wayotec*TM(3%), e outros(1,5%)(3).

A pilha seca de zinco-carbono é constituída basicamente de uma cápsula de zinco, no centro da qual há um eletrodo de carbono. O espaço entre o eletrodo e a cápsula é preenchido com terra de infusórios contendo um eletrólito composto de cloreto de zinco e cloreto de amônio. Como despolarizante é acrescentada uma solução de dióxido de manganês através de um gel(4). Mercúrio é normalmente utilizado para recobrir os eletrodos de zinco, reduzindo sua corrosão e melhorando a *performance* da pilha. Cada pilha de zinco-carbono pode conter até 0,01% em peso de mercúrio, e de 4 a 20 g de zinco, dependendo de seu tamanho (4,5).

Na pilha alcalina, o zinco serve como anodo e o dióxido de manganês funciona como catodo. Entretanto, o eletrólito contém hidróxido de potássio e é, portanto, básico (alcalino). O anodo de zinco também é ligeiramente poroso, oferecendo uma grande área efetiva. Isto permite à pilha liberar mais corrente do que a pilha de zinco comum. Cada pilha alcalina pode conter de 0,025% até 8% em peso de mercúrio (6).

Em geral, após 6 meses de uso, ou menos, as pilhas são descartadas no lixo. Das pilhas secas de uso doméstico presentes no rejeito sólido municipal do Rio de Janeiro, 25% compõem a fração que é encaminhada à usina de tratamento de lixo, e as 75% restantes são enviadas diretamente para um aterro sanitário, segundo dados fornecidos pela COMLURB, pois ainda não existe no Brasil, de forma disseminada, um sistema de coleta seletiva de pilhas, como ocorre com o vidro e as latas de alumínio, por exemplo.

Estudos realizados na França (7) demonstraram que, embora as pilhas representem apenas uma pequena parte do total de lixo urbano coletado (cerca de 0,17% em peso), elas contribuem com

uma grande parcela do mercúrio (cerca de 90%), do cádmio (45%) e do zinco (45%) presente no mesmo. Sendo assim, verifica-se a importância de se recuperar esses produtos no rejeitos sólidos municipais.

A compreensão da maneira pela qual os metais pesados provenientes das pilhas de uso doméstico afetam o meio ambiente depende do estado das pilhas quando enviadas ao aterro e das condições do aterro. O revestimento externo das pilhas é normalmente feito de papel, plástico, ou metal. As várias condições que podem se estabelecer em um aterro sanitário afetam a taxa na qual o revestimento irá degradar-se (5). Um estudo inglês de 1978 (7), mostrou que os seguintes parâmetros afetam a taxa de degradação do revestimento: a sua natureza, a carga elétrica residual na pilha, o grau de exposição à lixívia do aterro e a quantidade de oxigênio disponível no ponto de deposição. A mobilidade dos metais no aterro e o seu potencial de contaminação do lençol freático também são controlados por várias condições. Essas condições incluem o projeto, construção, operação e parâmetros de manutenção dos aterros, a exemplo das características do solo, da cobertura diária e da cobertura final.

Os problemas oriundos do descarte de pilhas sobre as usinas de tratamento de lixo de uma cidade como o Rio de Janeiro, por exemplo, estendem-se ainda ao material compostado (composto) produzido nessas usinas.

A compostagem é um processo que consiste em transformar o rejeito sólido municipal em húmus. Os problemas ambientais associados à compostagem são a qualidade do húmus produzido e as limitações de sua utilização, uma vez que poderá conter partes de pilhas que não foram totalmente removidas durante as etapas de tratamento do lixo (5).

A determinação do impacto ambiental dos metais pesados presentes nas pilhas de uso doméstico é dificultada por alguns fatores. Entre eles, destaca-se a dificuldade em se afirmar que o composto ou o chorume do aterro foram contaminados com metais pesados provenientes especificamente das pilhas.

Segundo a COMLURB, não existem normas brasileiras que regulamentem as quantidades de metais pesados presentes no chorume ou no composto produzido a partir do lixo. Assim, são

utilizados por essa Companhia, a título de comparação, as normas da EPA (Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana) como valores máximos admissíveis no seu composto. Estudos da COMLURB (8) também comparam as medidas das concentrações de metais pesados no chorume do aterro sanitário de Gramacho, no Rio de Janeiro, com as concentrações máximas permissíveis de metais pesados em águas de abastecimento público do estado de São Paulo. A Tabela 1 apresenta alguns dados sobre este fato.

Tabela 1 - Quantidades de metais presentes no composto produzido pela COMLURB e no chorume do aterro sanitário de Gramacho, RJ

Elemento	Composto** COMLURB (ppm)	Norma EPA p/Compostos (ppm)	Chorume* do Aterro (mg/L)	Máximo Admitido em H ₂ O (mg/L)
Hg	0,15	17	0,50	0,02
Cd	<1	39	<0,01	0,01
Pb	180	300	<0,10	0,10
Cr	60	1200	0,70	0,05
Zn	420	2800	0,50	5,0

Fonte: Centro de Pesquisas Aplicadas da COMLURB

Nota:

Análises Químicas realizadas pela empresa HIDROQUÍMICA* e pela FEEMA**, Rio de Janeiro.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, as quantidades registradas em negrito estão acima das admitidas, segundo os padrões de comparação adotados, o que é um fato preocupante.

5. CONCLUSÃO

Alcançadas as metas dessa etapa do projeto, os próximos passos do estudo serão a realização de ensaios em laboratório visando determinar os reais teores de metais pesados contidos nas pilhas consumidas no país e simular as condições de lixiviação nos aterros.

Além disso, será efetuada uma análise crítica dos processos de reciclagem de pilhas atualmente utilizados pelos países do Primeiro Mundo.

BIBLIOGRAFIA

- VINCENT, C.A. Recent developments in battery technology. *Chemistry and Industry*, September, 1996.
- IKWUE, A.E., NEW, R. Recovery of small spent batteries from municipal refuse. *Recycling of Metalliferous Materials*, IMM, 1990.
- REVISTA SUPERMERCADO MODERNO, *Mercado Nacional de Pilhas*, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS NÃO-FERROSOS, *Estudo setorial sobre reciclagem de metais não-ferrosos*, p.94-95, 1983.
- LUND, H.F. *The McGraw-Hill recycling handbook*, Nova York: McGraw-Hill, 1993.
- BRADY, J.E., HUMISTON, G.E. *Química Geral*, 2 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1986, v.2.
- JONES, C.J., LAWRENCE, P.F., MCGUGAM, P.J. An investigation of the degradation of some dry cell batteries. *Journal of Hazardous Materials*, v.2, p.259-289, 1978.
- COMLURB. *Projeto Biodetecção de tóxicos (metais pesados) no composto e chorume do lixo*, 1988.