

Título da redação: Os processos químicos envolvidos na reciclagem das baterias íon-lítio

Desenvolvimento do texto: Realizar pesquisas sobre “Processos Químicos para Reciclagem do Lixo Eletrônico”, vide cartaz de divulgação disponível na página oficial da OQSP [1].

O exponencial aumento do consumo de produtos eletrônicos durante as últimas décadas é proveniente da ascendente necessidade de manter conexões; de modo que celulares, computadores e *smartwatches* tornaram-se essenciais para a vida cotidiana de uma grande parcela da população. O desequilíbrio entre demanda e descarte desses produtos, muito devido a obsolescência de modelos e softwares, num processo simultâneo, acumula resíduos de metais pesados e elementos altamente reativos - como o próprio lítio - em locais propensos a deterioração indevida, sem estratégias de reciclagem, objetivos futuros para reaproveitamento e, primeiramente, o olhar sensível para a urgência que o esgotamento desses recursos poderia advir. Desta forma, torna-se essencial a reflexão sobre os processos de reciclagem do chamado “e-lixo”.

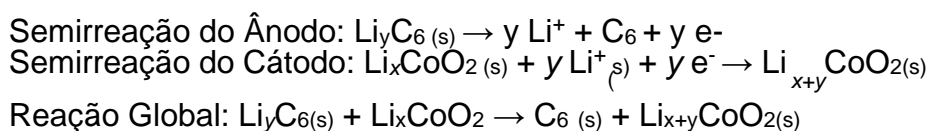
Figura 1- A bateria íon-lítio.



(Foto: Wikimedia Commons)

Essa necessidade demonstra-se ainda mais alarmante quando analisa-se a composição química desses produtos. A presença de metais pesados, como o chumbo, e altamente reativos, como o cádmio, diretamente relacionados à bateria dos produtos eletrônicos, atrai uma ampla gama de pesquisas direcionadas à reciclagem desses materiais. A bateria mais utilizada atualmente é a de íon-lítio, devido a sua alta voltagem e pouca massa, ela torna-se uma parte importante do funcionamento dos aparelhos celulares, notebooks, tablets, carros elétricos, entre outros. Só no ano de 2016, por exemplo, foram descartados $4,4 \times 10^3$ toneladas de smartphones e com custo estimado da matéria-prima de $1,1 \times 10^{10}$ dólares, segundo o PNUMA (Programa da ONU para o meio ambiente).

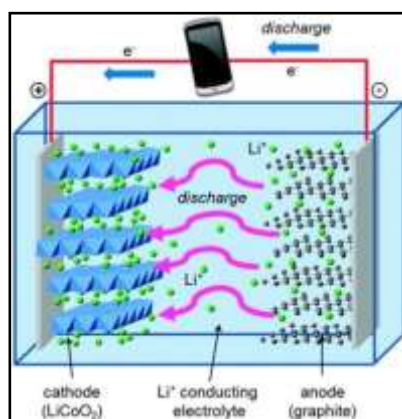
As baterias de íon-lítio, assim como as outras, funcionam a partir da reação de oxirredução representada abaixo:



Fonte: Brasil Escola – Pilhas e Baterias de Lítio

A primeira semi-reação apresenta a oxidação do lítio no ânodo, ou seja, o lítio cede elétrons, produzindo um fluxo de elétrons e que atravessa o circuito metálico dos aparelhos eletrônicos permitindo que eles funcionem. A segunda semi-reação acontece no cátodo ao receber esse elétron e permitir a redução do lítio. A fim de manter a corrente elétrica, a bateria de íon-lítio também permite uma transferência interna de cátions e íons sobre um eletrólito, os cátions participando da redução do lítio e os íons cedendo elétrons sobre uma voltagem que varia entre 3,0 e 3,5 V. Ainda assim, existe um separador que impede o contato direto do ânodo e do cátodo que impede um fluxo de elétrons que não passe pelo circuito. O funcionamento descrito está representado no esquema da figura 1 abaixo. Em uma bateria, esse processo de oxirredução é reversível, assim é possível o carregamento no qual há fluxo reverso dos elétrons.

Figura 2- O sistema acima demonstra o funcionamento da bateria de íon-lítio

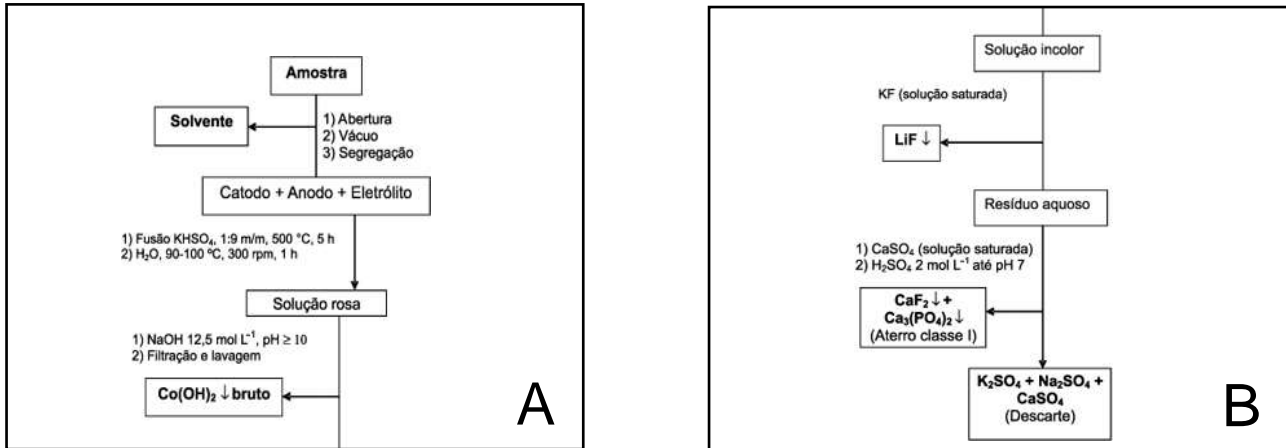


Fonte: Islam and Fisher, Chemical Society Reviews, 2014. , CC BY.

O método mais comum para reaproveitamento desses compostos é a pirometalurgia, que se apropria das altas temperaturas para as reações químicas. Um das rotas de processamento nesse modo é a pirólise, na qual a substância passa por processo de fusão, lavagem e secagem até a recuperação de produtos como o fluoreto de lítio em um ambiente de pouca oxigenação. À vista disso, o primeiro passo da reciclagem das baterias íon-lítio é a separação física dos seus componentes, na qual é retirado o solvente presente e a trituração do restante na formação de um material homogêneo.

Em seguida, é adicionado um fundente à mistura, como o hidrogenossulfato de potássio (KHSO₄) e ela é posta sobre uma temperatura próxima a 500°C por cerca de 5 horas. Depois do seu resfriamento, H₂O é adicionado e o processo de fusão reinicia-se sob uma temperatura de 90°C por 1 hora. Sobre a solução obtida é misturada ao hidróxido de sódio obtendo-se uma com pH ≥ 10. Posteriormente, a mistura homogênea passa por um processo de precipitação no qual o precipitado contendo cobalto é separado para um tratamento à parte, enquanto o resto é adicionado uma solução saturada de fluoreto de potássio permitindo a obtenção do precipitado de fluoreto de lítio (LiF) que precisa ser filtrado e lavado com ácido fluorídrico e depois com água em 5-10°C. Os resíduos finais ainda passam por um último tratamento de neutralização com uma solução saturada de sulfato de cálcio, os íons de e fluoreto precipitam e são tratados com ácido sulfúrico.

figura 3 A e B – (A) processo de pirólise para a recuperação do lítio da bateria de íon-lítio. (B) continuação do processo iniciado na figura 3 (A).



Fonte: “Recuperação de cobalto e de lítio de baterias íon-lítio usadas” escrito por Natália Giovanini Busnardo; Jéssica Frontino Paulino; Julio Carlos Afonso (Instituto de Química - UFRJ).

A necessidade de reciclar o lítio vem da reação que é gerada quando esse metal entra em contato com a água, que gera uma explosão. Porém, no caso das pilhas, quando ela sofre um curto, é aquecida ou possui algum problema durante a fabricação, essa bateria pode realizar uma reação interna que libera gases inflamáveis que criam um ambiente passível de explodir. Além disso, os gases podem causar irritações na pele, nos olhos e nas vias respiratórias e prejudicarem o meio ambiente de forma geral. Sendo assim, a coleta e a reutilização são benéficas tanto para o reaproveitamento dos materiais utilizados quanto para evitar danos à saúde humana.

Quando descartadas incorretamente, as substâncias químicas dos eletrônicos ficam expostas a diversos fatores externos, o que proporciona um cenário de contaminação da água e do solo. Posto isso, a capacidade do solo de retenção de metais pesados condiciona a intoxicação de plantas e animais e a exposição de seres humanos a doenças contagiosas; por isso, o lixo eletrônico não deve ser descartado em aterros comuns, onde estaria sujeito a influências exógenas capazes de gerar, também, a liberação de gases inflamáveis e tóxicos a partir de reações exotérmicas, culminando em um ambiente volúvel, passível de explosões.

Figura 5 A, B e C- (A) capa de alumínio com o óxido de lítio-cobalto e carbono antes presentes dentro da bateria de íon-lítio expostos à um maçarico. (B) gases provenientes da combustão gerada pelo maçarico criam um ambiente explosivo. (C) lítio-cobalto pós queima, como ocorreria se houvesse uma situação de curto ou combustão na natureza.



Fonte: Baterias de íon-lítio: Uma termite na palma da sua mão - Química Integral no YouTube

Os processos de pirometalurgia ainda apresentam um baixo reaproveitamento da bateria, outros processos como a hidrometalurgia, na qual ocorre o processo de lixiviação, utiliza-se de tratamentos com ácidos para a dissolução dos metais da bateria em solução, contudo esse método apresenta um custo e uma complexidade muito maior do que a fusão descrita. De um ponto de vista puramente econômico, a produção de uma nova bateria ao invés dessa tentativa de recuperação é bem mais atrativa. Todavia, a constante presença desses materiais implementa as diversas magnitudes da poluição desse lixo, à medida que ele é disposto sobre quaisquer condições.

Esse conjunto de distúrbios associados ao lítio geram intrínsecas consequências à saúde pública, conseqüentemente, torna-se responsabilidade do Estado a garantia não só dos processos de reciclagem, ademais a conscientização da população e o investimento em pesquisas que viabilizem e valorizem a retirada de produtos onerosos. Tal pertinência evidencia-se na consagração dos cientistas: John B. Goodenough (norte-americano), M. Stanley Whittingham (britânico-americano) e Akira Yoshino, ao prêmio Nobel de 2019 pelas participações individuais no desenvolvimento das baterias íon-lítio.

Por meio dessa coletânea de dados, constata-se a necessidade de um olhar público mais analítico para o melhor uso e entendimento das tecnologias que nos rodeiam e, que futuramente, nos rodearão. Informalizar a ciência por trás da rotina pode, não somente aumentar o número de pesquisadores e interessados na área, mas, de forma impreterível, evitar uma série de acidentes domésticos causados pelo mau uso ou funcionamento de eletrônicos. Culmina que a reciclagem da bateria de íon-lítio é, cada dia mais, um passo contra a rede de infunções que a cerca; seja adiando a passos curtos o esgotamento de recursos naturais, promovendo a cultura científica e o saber como um meio de exercer cidadania, de assegurar a saúde coletiva ou, até mesmo, influenciando na formação de novos cientistas.

Referências Bibliográficas:

- [1] Site <<https://www.scielo.br/j/qn/a/KSRbFmmLnnrkxcrKY37QS9m/?lang=pt&format=pdf>> acesso em 17/02/2022
- [2] Site <<https://www.mobilize.org.br/noticias/12432/a-luta-para-reciclar-baterias-antes-que-seja-tarde.html>> acesso em 17/02/2022
- [3] Site <<https://www.scielo.br/j/qn/a/GMCMqM65KW3NW8CqwCyPN9j/?lang=pt>>acesso em 18/02/2022
- [4] Site <<https://www.mobilize.org.br/noticias/12432/a-luta-para-reciclar-baterias-antes-que-seja-tarde.html>> acesso em 19/02/2022
- [5] Site <<https://www.tecnologiammm.com.br/article/10.4322/tmm.00504006/pdf/1573492069-5-4-219.pdf>> acesso em 21/02/2022
- [6] Site <http://www.ictr.org.br/ictr/images/online/02_artigo_2.pdf> acesso em 16/02/2022
- [7] Video <<https://www.youtube.com/watch?v=0d0SUjDNW20>> acesso em 16/02/2022
- [8] Video <<https://www.youtube.com/watch?v=Ppt-J8f8FJY>> acesso em 18/02/2022
- [9] Video <<https://www.youtube.com/watch?v=fO5pFNeGoJg>> acesso em 19/02/2022
- [10] Video <<https://www.youtube.com/watch?v=TFoDJITOKxU&t=84s>> acesso em 19/02/2022
- [11] Video <<https://youtu.be/HTzRPRr79l4>> acesso em 21/02/2022
- [12] Site <<https://news.un.org/pt/story/2019/01/1657472>> acesso em 23/02/2022
- [13] Site <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/pilhas-baterias-litio.htm#:~:text=Baterias%20de%20C3%ADon%20C3%ADtio%3A&text=S%3%A3o%20as%20baterias%20recarr eg%C3%A1veis%20modernas.por%20meio%20de%20um%20transformador.>>> acesso em 23/02/2022
- [14] Site <<https://www.tecmundo.com.br/bateria/81577-baterias-litio-pegar-fogo.htm>> acesso em 23/02/2022
- [15] Site <<http://www.mundodigital.net.br/index.php/produtos/portateis/7430-o-perigo-silencioso-das-baterias-de-ions-de-litio>> acesso em 23/02/2022
- [16] Site <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/pilhas-baterias-litio.htm>> acesso em 23/02/2022