

## Título da redação: A nanohidrometalurgia na reciclagem de lixo eletrônico

A partir da Revolução Industrial, a tecnologia e seus avanços passaram a, cada vez mais, fazer parte da vida dos seres humanos. Com isso, a produção e o consumo de aparelhos eletrônicos cresceram exponencialmente e, como consequência, o lixo produzido pelas pessoas também, o denominado E-lixo, ou lixo eletrônico, ou simplesmente resíduo de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE).

Em tese, “lixo eletrônico” é um termo utilizado para designar as partes dos equipamentos eletroeletrônicos que foram descartados pelos usuários. No entanto, há diversos debates acerca de possíveis processos a serem cumpridos e respeitados para reciclar esse tipo de material, pois ele pode causar diversos danos ambientais, como a contaminação de solos, fauna e flora do nosso planeta. Sob essa perspectiva, investir na mudança de tal comportamento e dessa cultura perigosa, visando fazer um bom reaproveitamento desses materiais por intermédio da reciclagem, é um caminho viável para proteger o meio ambiente. Dessa forma, é preciso analisar, gerenciar e fiscalizar os métodos de extração de materiais reutilizáveis dos lixos adotados e potencializados pela indústria tecnológica.

Cientificamente falando, há diversos processos químicos apropriados para a extração de minérios de lixo eletrônico. Ultimamente, vem alcançando visibilidade a nanohidrometalurgia magnética, baseada em conceitos da química verde - um ramo da química que busca diminuir ou eliminar o uso de substâncias que promovem poluição, bem como recuperar a qualidade do meio ambiente - além de também defender a reciclagem de materiais orgânicos [1].

A nanohidrometalurgia magnética é uma metodologia mais sustentável e favorável ao planeta, quando o assunto é extração de minerais. Coordenada pelo professor de química Henrique E. Toma, a técnica foi desenvolvida no Instituto de Química da Universidade de São Paulo e vem sendo estudada e aprimorada por cientistas. Esse projeto traz diversos benefícios sustentáveis, pois diferentemente de outros processos, como a pirometalurgia ou hidrometalurgia, ele causa menor impacto ambiental.

Para explicar essa metodologia, o professor Henrique Toma realizou um experimento [2] que será descrito abaixo por etapas.

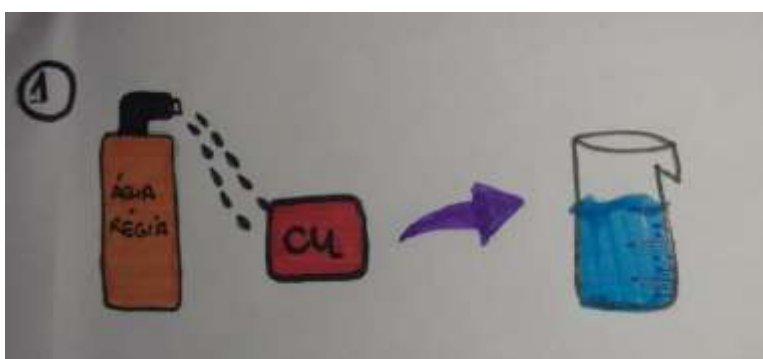
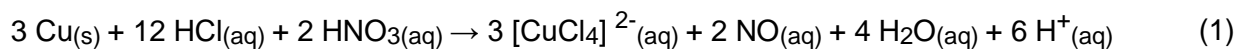


Imagem 1. Ilustração autoral.

Na primeira etapa do experimento (imagem 1), utiliza-se uma solução de água régia, a qual é formada pela mistura de ácido clorídrico, HCl, e ácido nítrico, HNO<sub>3</sub>, em uma

proporção reacional de 3:1. Esta solução é aplicada em uma pequena parte de cobre metálico (Cu), extraído de uma placa eletrônica de computador, e ao entrar em contato com o minério, ocorre a reação a seguir:



Como produto da reação, obtém-se uma solução aquosa azul rica em sais de cobre.

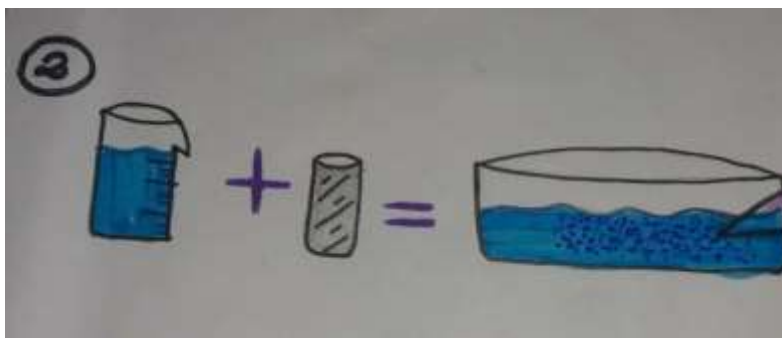


Imagem 2. Ilustração autoral.

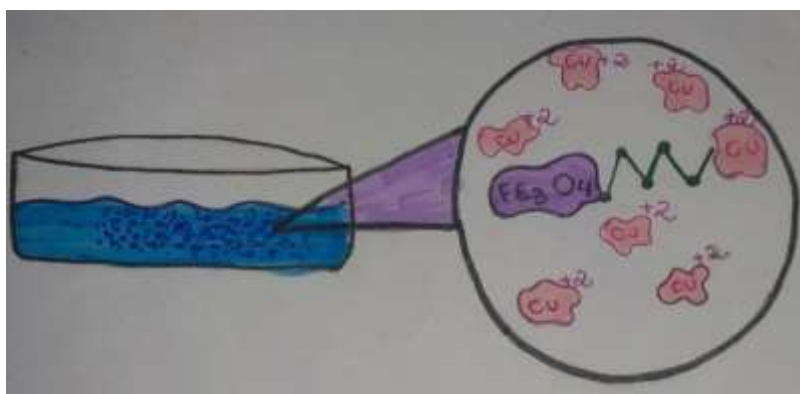


Imagem 3. Ilustração autoral.

Na segunda etapa (imagens 2 e 3), nanopartículas magnéticas entram em contato com a solução anteriormente obtida. Vale lembrar que o uso da magnetita ocorre principalmente em virtude da sua grande capacidade de absorção de íons metálicos e de suas propriedades magnéticas. É possível obtê-la a partir da junção de sais que contenham  $\text{Fe}^{3+}$  com sais que tenham  $\text{Fe}^{2+}$ , em uma proporção 1:2. Essa mistura é colocada em um meio alcalino, isto é, onde há presença de íons  $\text{OH}^-$ , e assim forma-se nanopartículas de magnetita que consiste em  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  junto a água. Após entrar em contato com a solução, as nanopartículas são atraídas pelos íons de cobre, que, por consequência, irão se ligar a elas.

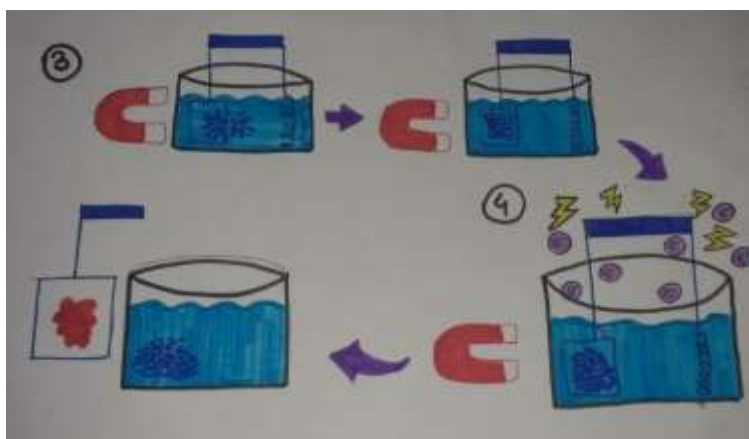


Imagem 4. Ilustração autoral.

Aplica-se uma célula eletrolítica - dispositivo usado para a decomposição, mediante a corrente elétrica, de corpos ionizados denominados eletrólitos [3] - na terceira etapa (imagem 4) e um ímã no lado externo. Logo, as partículas se direcionarão para o eletrodo, assim as partículas magnéticas com cobre ficam aderidas ao eletrodo.

Na etapa final, após as partículas aderirem ao eletrodo, ocorre um processo de eletrólise feito em solução, aplicando uma tensão de 2V, quando acontece uma transferência dos elétrons de íons de cobre para o eletrodo, obtendo-se, assim, o cobre metálico (reação 2) com uma pureza de 99,9%.



Após esse experimento o elemento poderá passar por um processo de tratamento químico, tornando-o útil para diversas finalidades, sejam ambientais ou medicinais.

Portanto, ao analisar o funcionamento da nova metodologia denominada nanohidrometalurgia magnética, é possível concluir que é um processo químico de reciclagem de lixo eletrônico viável e mais benéfico do que os que já estão em prática no setor, os quais provocam uma grande emissão de gases poluentes, além de exigir um tempo maior para ser realizado, visto que o que poderia levar sete dias na hidrometalurgia, por exemplo, leva cerca de alguns minutos na nanohidrometalurgia [4].

Além disso, essa prática é 100% brasileira e é considerada “verde”, pois, assim como já foi citado, o impacto ambiental aqui é mínimo. O processo é feito em apenas um recipiente e as nanopartículas são reutilizáveis para um futuro processo, explica o químico Toma [5]. Por esses motivos, trata-se de um processo que custará menos, significando mais uma vantagem a esse processo.

Todavia, vale analisar a realização desse experimento em grande escala, por meio de estudos mais aprofundados acerca dessa temática, visto que os custos em relação à reciclagem ou aos instrumentos utilizados para tal ação variam de acordo com a demanda, a fim de balancear as vantagens e desvantagens do processo, para então colocá-lo em prática.

"No ano de 2019, o mundo viu 53,6 milhões de toneladas de aparelhos eletroeletrônicos sendo descartados. Dessa quantidade, apenas 17,4% se tornaram matéria-prima novamente para outros produtos", diz pesquisa do Green Eletron [6]. A partir desses dados, percebe-se que a nanohidrometalurgia pode ser uma alternativa conveniente no que se refere a solução desse problema e poderá, a partir desta, ter os números de lixos

eletrônicos descartados não utilizados diminuídos. Um fator para essa situação chegar a esse ponto é a obsolescência programada, a qual o produtor desenvolve e vende um produto que se torne obsoleto em um determinado tempo de uso, forçando o consumidor a comprar um novo produto, gerando uma produção e o consumismo exacerbado de novas tecnologias.

Por fim, a reciclagem é um caminho totalmente necessário para salvar o meio ambiente e a utilização de métodos que reciclam o lixo, também. Cabe analisar e estudar esses métodos extremamente favoráveis e sustentáveis para o mundo moderno.

### Referências Bibliográficas:

[1] QUÍMICA VERDE. *In*: Manual da Química [Goiânia, GO. Rede Omnia, 2022]. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-ambiental/quimica-verde.htm#:~:text=A%20Qu%C3%ADmica%20Verde%20%C3%A9%20um,a%20qualidade%20do%20meio%20ambiente>. Acesso em: 9 mar. 2022.

[2] QUÍMICA VERDE. *In*: YouTube [Mountain View, CA. Google LLC, 2022]. Disponível em: <https://youtu.be/l-MmlL0DaaM>. Acesso em: 9 mar. 2022.

[3] CÉLULA ELETROLÍTICA. *In*: Wikipédia: A enciclopédia livre. [https://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula\\_eletrol%C3%ADtica](https://pt.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_eletrol%C3%ADtica). Acesso em: 9 mar. 2022.

[4] CONHEÇA um pouco mais sobre a produção de metais por nanotecnologia. *In*: Engenharia 360 [São Paulo, SP. 360 Negócios Digitais LTDA, 2022]. Disponível em: <https://engenharia360.com/conheca-um-pouco-mais-sobre-producao-de-metais-por-nanotecnologia/>. Acesso em: 9 mar. 2022.

[5] SILVEIRA, Evanildo da. Extração magnética. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, edição 231, mai. 2015. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/extracao-magnetica/>. Acesso em: 9 mar. 2022.

[6] QUAIS países produzem mais lixo eletrônico no mundo? Veja como está o Brasil neste ranking. *In*: Green Eletron. [São Paulo, SP. Green Eletron, 2022]. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/blog/quais-paises-produzem-mais-lixo-eletronico-no-mundo-veja-como-esta-o-brasil-neste-ranking/>. Acesso em: 9 mar. 2022.