

Nome do autor: Raphael Fornazari Bergamin; Beatriz Guimarães de Oliveira

Série em 2022: () 3ª; (X) 2ª ou anterior

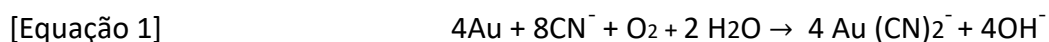
“A Química e o ouro das PCI ‘s”

É indiscutível que, com a evolução tecnológica em nossa era, o aumento da popularização, trocas desnecessárias e descartes excessivos de aparelhos e equipamentos eletroeletrônicos acentuou de maneira drástica a geração e acúmulo de lixo eletrônico, também conhecido como "e-lixos" ou "Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos" (REEE), em todo o mundo. No Brasil, cerca de 1.5 milhão de toneladas destes são geradas por ano, e apenas 3% são reciclados [1]. O país ocupa o quinto lugar no ranking mundial entre os maiores produtores [2], e o primeiro lugar na América Latina [3].

Tal fato é altamente preocupante, e a Química está completamente envolvida nesse fator, visto que os eletrodomésticos, equipamentos de tecnologia de informação e dispositivos eletrônicos portáteis possuem diversos elementos químicos tóxicos em sua composição, com alto teor de metais base (Pb, Cu, Ni e Zn) e metais preciosos (Au, Ag e Pd) que, ao serem descartados incorretamente, acarretam danos exorbitantes ao meio ambiente e à saúde humana. O método de incineração ou depósitos em aterros sanitários, por exemplo, são desaconselháveis por ocasionarem a contaminação do solo, dos lençóis freáticos e poluírem o ar [4], portanto a reciclagem desses metais é a destinação mais sustentável e lucrativa, além de ser favorável à química pela geração de novas substâncias que são utilizadas em estudos e experimentos [5].

Os telefones celulares e computadores são exemplos de fontes metálicas, com relevância nos metais preciosos, e possuem elevado potencial de recuperação dos mesmos localizados na placa de circuito (PCI) dos dispositivos na qual o ouro (Au), elemento valioso, excelente condutor de eletricidade e o mais extraído entre outros que a compõe (como Cu, Sn, Zn, Ni, Ag, Pd), é encontrado [5].

A sugestão para a recuperação do ouro (Au) na reciclagem dos REEE 's é a extração pelo processo hidrometalúrgico [4], que consiste de maneira geral na lixiviação dos resíduos para a solubilização dos metais, além da purificação da solução mãe e posterior recuperação sólida, caso este último também seja o objetivo para produção de jóias, investimentos no mercado financeiro ou novos equipamentos eletrônicos. A lixiviação ocorre geralmente com reagentes à base de cianeto (CN⁻), substância altamente tóxica ao ambiente e aos seres humanos [6]. A reação do CN⁻ como lixiviante do ouro (Au) está representada na Equação 1:



Entretanto, de acordo com experimentações analisadas no Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais (LACOR) [6] e uma exemplificação demonstrada no canal "O Nerd da Química" [7], pode-se afirmar que também há possibilidades desse reaproveitamento ocorrer sem a cianetação, agredindo em menor quantidade a natureza.

É o caso da lixiviação ácida, ou seja, com base em ácidos inorgânicos e oxidantes (HCl, H₂SO₄, HNO₃/H₂O₂, HClO₄, NaClO) junto a agentes lixiviantes. Estudos apontam que a maior extração de ouro a partir de PCI 's foi obtida usando HNO₃/HCl, conhecido como água-régia [6]. Essa mistura também é mais viável economicamente em relação ao cianeto. Pode-se exemplificar com a seguinte experiência [7]:

Imagem 1: Terminais metálicos (liga de cobre com 10% a 20% de ouro (Au)) [7]



fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=FPo7CFslnuc>

No experimento em pequena escala do canal “O Nerd da Química” [7], terminais metálicos foram retirados de um HD, possuindo uma liga metálica contendo 10% a 20% de ouro (Imagem 1). Em seguida, acrescentou-se ácido nítrico concentrado (HNO₃), ocorrendo reações químicas imediatas entre o cobre (Equação 2) e outros elementos da liga (níquel (Equação 1) e prata (Equação 4)), com exceção do ouro (Imagem 2 e 3) :

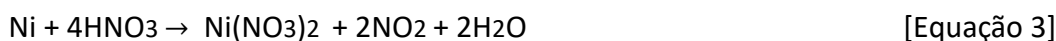
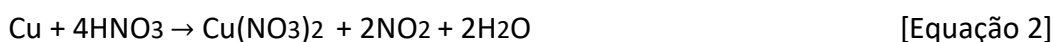


Imagem 2: Reação da liga metálica com o HNO₃ (gás NO₂ altamente tóxico sendo liberado) [7]



Imagem 3: Aquecimento da mistura para acelerar a reação química. [7]



fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=FP>

fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=FPo7CFslnuc>

Conforme se acrescentou o ácido nítrico (HNO₃) por quatro vezes para total extração, os flocos de ouro foram se tornando mais evidentes, e se aqueceu a mistura para acelerar o processo (Imagem 3). Após o término das reações, a mistura foi colocada em um recipiente com água para separar os flocos de Au da solução de nitratos, agitou-se então para que posteriormente houvesse decantação (Imagem 4).

Imagem 4: Mistura sendo adicionada

Imagem 5: Flocos de ouro decantando [7]

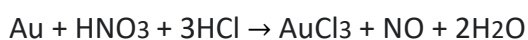
em água para decantação [7]



fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=FPhttps://www.youtube.com/watch?v=FPo7CFsInuc>

fonte:

Após a decantação do Au (Imagem 5), descartou-se a solução sobrenadante e preparou-se um composto químico chamado ácido cloroáurico ou cloreto de ouro III (HAuCl₄), muito utilizado como catalisador na química orgânica e como composto básico para outros compostos de Au [7], adicionando uma parte do ácido nítrico (HNO₃) que agiu como um oxidante formando íons de ouro [8] capazes de dissolver os flocos, e três partes do ácido clorídrico (HCl) que agiu como complexante formando íons cloreto [8] que reagiram e estabilizaram o ouro (Au) em solução (Equação 5 e 6), permitindo assim que o ouro adicional continuasse oxidando para tornar a reação final favorável (Imagem 6 e 7).



[Equação 5]



[Equação 6]

Imagem 6: Água -régia adicionada aos flocos de ouro. [7]

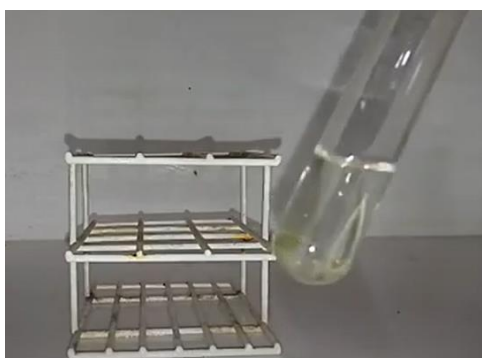
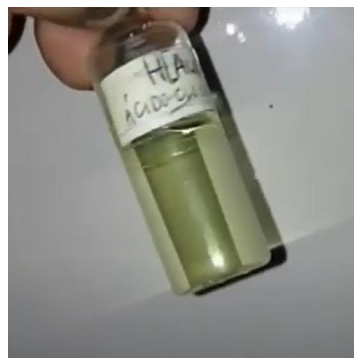


Imagem 7: Ácido cloroáurico ou cloreto de ouro III [7]



fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=FP>

fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=FPo7CFsInuc>

A extração acima resultou em média <0,001g de Au, todavia, foi apenas um experimento em pequena escala. Considerando a quantidade de lixo eletrônico presente no planeta, a extração média de 700g de Au por tonelada e o fato de 1g de Au valer em média 349 reais atualmente, o método possui boa eficácia, rendimento e é viável para ser feito em larga escala.

Em suma, é notória a importância da química em processos de reciclagem do lixo eletrônico, pois há uma constante busca e comprovações de métodos mais eficientes e menos poluentes, algo excepcionalmente necessário em tempos atuais. A geração de REEE 's exacerbada no mundo é um

problema preocupante que não deve ser menosprezado, dado que há meios de diminuir os excessos. Os cientistas devem continuar investindo em novos parâmetros de reciclagem, principalmente dos metais, e a população se conscientizar dos danos que esse acúmulo tóxico pode prosseguir gerando, descartando os e-lixos em locais apropriados, pois quanto mais se posterga, menores são as chances de reverter o panorama ambiental futuramente.

Referências Bibliográficas:

[1] Site: <<https://diariodocomercio.com.br/negocios/brasil-e-o-pais-que-mais-produz-lixo-eletronico-na-america-latina/>> acessado em 13/03/2022

[2] Site: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-10/brasil-e-o-quinto-maior-produtor-de-lixo-eletronico#:~:text=Apenas%20o%20Brasil%20descartou%2C%20em,algum%20eletroeletr%C3%B4nico%20no%20lixo%20comum>> acessado em 12/03/2022

[3] Site: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-e-o-pais-que-mais-produz-lixo-eletronico-na-america-latina,70003769064>> acessado em 12/02/2022

[4] Site: <[https://www.ecycle.com.br/reciclagem-de-eletronicos/#:~:text=A%20reciclagem%20qu%C3%ADmica%20ocorre%20pelo,leves%20\(pl%C3%A1sticos%20e%20cer%C3%A2micos\)](https://www.ecycle.com.br/reciclagem-de-eletronicos/#:~:text=A%20reciclagem%20qu%C3%ADmica%20ocorre%20pelo,leves%20(pl%C3%A1sticos%20e%20cer%C3%A2micos))> acessado em 12/03/2022

[5] Gerbase, A. E.; Oliveira, C. R.; Química Nova, 35 (7), 2012

[6] Artigo: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/76187>> acessado em 13/03/2022

[7] Vídeo: <<https://www.youtube.com/watch?v=42rzbftxug>> acessado em 13/03/2022

[8] Site: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/agua-regia.htm>> acessado em 13/03/2022