



Obtenção de sulfato de cobre com alta pureza a partir de resíduos de ânodos de baterias íon-lítio

Luan S. Silva (PG)¹, Gabrielly S. Cupertino (G)¹, Gabriel E. Sousa (PG)¹, Thaís S. Soares (PG)¹, Ueslei G. Favero (PG)¹, Ana. M. Ferreira (PQ)², Maria C. Hespanhol (PQ)^{1,*}

*mariacarmo@ufv.br

¹Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa; ²Departamento de Química, Universidade de Aveiro

RESUMO

As baterias de íon-lítio (LIBs) estão presentes em diferentes dispositivos eletrônicos para fornecer e armazenar energia elétrica. O ânodo é um dos componentes da LIBs, sendo constituído por cobre e, portanto, uma fonte secundária promissora do metal. Este trabalho apresenta um processo para recuperação de cobre a partir de resíduos de ânodos das LIBs utilizando solução 2,0 mol L⁻¹ de ácido sulfúrico como agente lixiviante com auxílio de peróxido de hidrogênio na concentração de 5,8 % (v/v). A dissolução de cobre foi realizada por 4h a 60°C, resultando na produção de sulfato de cobre. O composto foi caracterizado por microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia de difração de raios-X as quais evidenciaram a alta pureza do composto (100 %). Este trabalho demonstrou a potencialidade do uso de um subproduto oriundo de diversas indústrias ser utilizado com eficiência na obtenção de um produto altamente puro que pode ser utilizado em setores industriais como da metalurgia e química.

Palavras-chave: Cobre, Sulfato de cobre, Bateria íon-lítio, Resíduos eletrônicos, Hidrometalurgia.

Introdução

As baterias de íon-lítio (LIBs) se consolidaram mundialmente como fonte de armazenamento de energia por serem recarregáveis e apresentarem alta densidade energética, sendo assim, estão presentes em diversos dispositivos eletrônicos de uso diário. As LIBs são constituídas de quatro partes: cátodo, ânodo, um separador eletrolítico e uma carcaça externa. O ânodo é feito majoritariamente por folhas do coletor de corrente de cobre e, por isso, recebe especial interesse, pois é uma fonte secundária interessante para fornecimento de cobre (1).

Por ser de baixo consumo energético e menos agressivo ambientalmente, o processo hidrometalúrgico é vantajoso, sendo a lixiviação uma das etapas essenciais desse processo. Apesar de diferentes ácidos inorgânicos serem utilizados como agentes lixiviantes, além da amônia e lixiviantes biológicos, o ácido sulfúrico (H₂SO₄) é um ácido de menor custo, pois ele é oriundo de diferentes indústrias como subproduto, sendo uma matéria-prima excedente globalmente (2). Desse modo, neste trabalho, para a lixiviação de resíduos de ânodos das baterias íon-lítio empregou-se solução de H₂SO₄ na presença de pequena quantidade de H₂O₂ para a produção de sulfato de cobre (CuSO₄).

Experimental

Lixiviação de cobre com ácido sulfúrico como agente lixiviante

As folhas de cobre dos ânodos de LIBs foram previamente limpas – removendo o grafite que as revestia – e cortadas em

tamanho 1cm x 1 cm. Utilizou-se uma solução de H₂SO₄ 2 mol L⁻¹ e solução de H₂O₂ na concentração de 5,8 % (v/v) para dissolução dos ânodos de LIBs. A dissolução de cobre ocorreu à 60°C durante 4 h, em uma razão sólido-líquido de 1:10 (ânodo:solução lixiviante). Ao final da dissolução, observou-se que todas as folhas do ânodo foram dissolvidas. A solução resultante, chamada de lixiviado, foi mantida à temperatura de 2 °C por 48 h para a precipitação do CuSO₄. Posteriormente, fez-se uma filtração a vácuo para separar o sólido do lixiviado. O sólido foi lavado com etanol e seco à 45 °C por 12 h.

O cobre lixiviado foi quantificado através da espectrometria de absorção atômica por chama (FAAS), enquanto o CuSO₄ foi caracterizado por microscopia eletrônica de varredura (MEV)-dispersão de energia de raios-X (EDS) e espectroscopia de difração de raios-X (DRX).

Resultados e Discussão

Quantificação do cobre por FAAS

A quantificação do cobre no lixiviado foi realizada com o auxílio da FAAS, utilizando curva analítica por adição de padrão. A concentração de cobre no lixiviado foi igual a 64483 mg kg⁻¹. A elevada concentração de cobre no lixiviado corrobora a alta eficiência da lixiviação promovida pelo uso de solução diluída de H₂SO₄ com H₂O₂.



Caracterização do composto CuSO_4 obtido por MEV-EDS

Os cristais de sulfato de cobre (CuSO_4) obtidos podem ser visualizados na Figura 1.

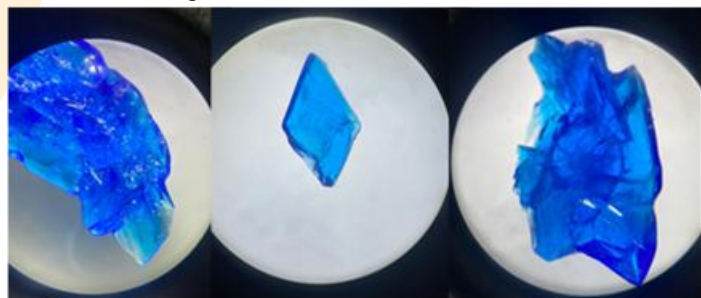


Figura 1. Fotografia de cristais de CuSO_4 observados por microscópio estereoscópico trinocular TIM 2T da marca Opton.

A Figura 2 apresenta o espectro de dispersão de energia de raios-X referente ao sólido obtido após dissolução do ânodo de LIBs.

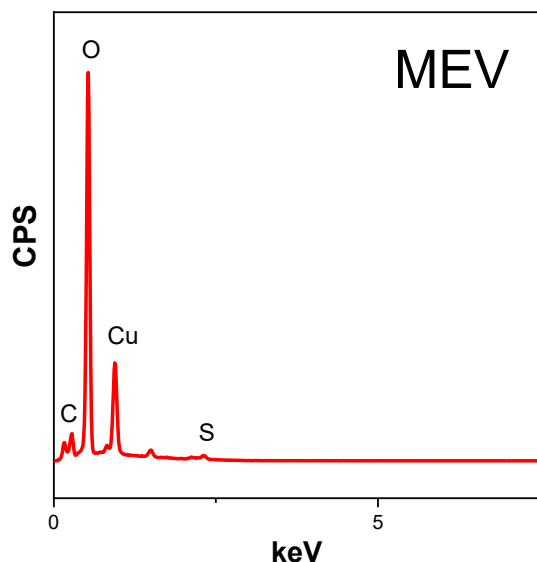


Figura 2. Espectro de dispersão de energia de raios-X do CuSO_4 .

O espectro de EDS demonstra a composição química do sólido obtido após dissolução dos ânodos de LIBs, identificando o sólido como CuSO_4 , uma vez que todos os elementos constituintes deste composto estão presentes. Além disso, a intensidade do pico atribuído ao oxigênio (O), cerca de quatro vezes maior que os demais, contribui para a confirmação da estrutura CuSO_4 , pois está em concordância com a proporção atômica 1:4 existente na composição do ânion sulfato (SO_4^{2-}). A presença de carbono está associada à fita de carbono utilizada na análise, podendo assim ser desconsiderada a presença deste elemento.

Caracterização do CuSO_4 por DRX

O resultado da análise de DRX é apresetado na Figura 3.

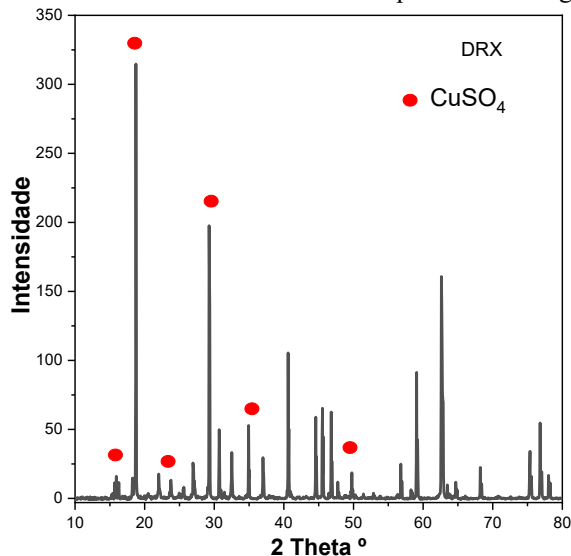


Figura 3. Difractograma do CuSO_4 produzido.

Os picos demarcados com os círculos vermelhos representam picos característicos de sulfato de cobre pentahidratados ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) conforme relatados na literatura (3-4). Devido diferenças nas morfologias dos cristais durante a sua formação, encontram-se outros. No entanto, os resultados encontrados pela análise de DRX e MEV-EDS comprovam que a produção de CuSO_4 foi efetiva.

Conclusões

Foi demonstrado que a dissolução com H_2SO_4 é uma alternativa eficaz e viável não apenas para a extração do cobre de resíduos eletroeletrônicos, mas também para a obtenção de sulfato de cobre com alta pureza. As análises por FAAS, MEV-EDS e DRX confirmam a expressiva taxa de dissolução do cobre e a formação e pureza do sulfato de cobre produzido.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, FAPEMIG e CAPES pelo apoio financeiro.

Referências

1. K.M. Winslow; S.J. Laux; T.G. Townsend, *Resources, Conservation & Recycling*. 2018, 129, 263-277.
2. J. Yang; L.-X. Jiang; F.-Y. Liu; M. Jia; Y.-Q. Lai. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2020, 30, 2256-2264.
3. A. Sivakumar; S.S.J. Dhas; J.E.M. Theras; M. Jose; P. Sivaprakash; S. Arumugam; S.A.M.B. Dhas. *Solid State Sciences*. 2021, 121, 106751.
4. X. Wang; Y. Zhou. *Crystals*. 2023, 13, 1150.