



Síntese de óxido de cobre nanoparticulado a partir de cobre lixiviado oriundo de resíduos de bateria de lítio polímero.

Ana O.G. Morais (G)*¹, Isabella C.F. dos Santos(G)¹, Ingrid C. P. Leu(G)¹, Fernanda Vieira(PQ)¹, Nelcy D.S. Mohallem(PQ)², Juliana B. da Silva(PQ)¹.

¹ Serviço de Análise e Meio Ambiente - Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, CDTN

² Departamento de Química -UFMG

ana.morais@cdnt.br

RESUMO

O reaproveitamento de metais provenientes de baterias tem se consolidado como uma estratégia fundamental para promover a sustentabilidade e a economia circular. Neste contexto, o presente trabalho propõe a obtenção de óxido de cobre nanoparticulado a partir do cobre extraído de baterias de lítio, por meio de lixiviação ácida utilizando uma solução de água régia invertida. O cobre recuperado foi empregado na síntese do óxido de cobre pelo método de precipitação com amônia. O material sintetizado foi caracterizado por difração de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV), evidenciando a efetividade do processo de síntese adotado.

Baterias ion lítio, óxido de cobre ,precipitação

Introdução

O descarte inadequado de baterias de lítio representam um grande desafio ambiental, uma vez que podem liberar metais, como cobre, níquel, cobalto e lítio, altamente tóxicos para o solo e vida aquática (1). Além disso, é importante destacar que a recuperação de seus constituintes é uma alternativa sustentável para seu reaproveitamento como insumo em outros produtos. A extração desses materiais é especialmente relevante, já que nas baterias, estão presentes em alta pureza, muito superior ao encontrado nos minérios naturais (2). Um dos metais de grande interesse é o cobre tendo em vista que esse pode ser empregado para a síntese de novos compostos como o óxido de cobre nanoparticulado. O óxido de cobre nanoparticulado pode ser empregado como insumo para diversos campos como para a área de fotocatalise, dispositivos eletrônicos, sensores químicos além de de possuir propriedades antimicrobianas.(3). Ainda é importante ressaltar que essa estratégia se alinha de forma direta com os princípios da química verde promovendo o uso mais eficiente de recursos(4). Dessa forma este trabalho foca principalmente na recuperação de cobre oriundo do ânodo de baterias de lítio polímero a fim de empregá-lo na síntese de Óxido de Cobre .

Experimental

As baterias foram abertas e seus componentes separados mecanicamente. Em seguida prosseguiu-se com a lixiviação dos componentes do anodo. Foram testadas as seguintes soluções ácidas para a recuperação do cobre presente (10 g/mL): Ácido nítrico (4 mol/L), ácido clorídrico (4 mol/L), água régia (HCl/HNO₃ 3:1) e água régia invertida (HNO₃/HCl 3:1), a uma temperatura de 80 °C com 1, 3, 6 e 12 horas de reação. Em seguida as soluções foram enviadas para análise por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) a fim de determinar o

percentual de recuperação de cobre.

Após o estabelecimento das condições de recuperação prosseguiu-se com a síntese do óxido de cobre nanoparticulado. Essa por sua vez deu-se por meio de precipitação de uma solução aquosa do cobre recuperado com uma solução de amônia 1 mol/L sob agitação a uma temperatura de 80 °C. O produto foi seco a 80 °C por 12 horas e calcinado a 400 °C por 2 horas, em seguida foi caracterizado por meio das análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de raios X (DRX).

Resultados e Discussão

A **Tabela 1** apresenta os resultados obtidos após a etapa de lixiviação ácida.

Tabela 1. Resultados obtidos por ICP-OES após etapa de lixiviação ácida

Soluções ácidas	HNO ₃ 4M	HCl 4M	HNO ₃ /HCl (1:3)	HNO ₃ /HCl (3:1)
% Recuperação	76	32	98	98

Apartir dos resultados obtidos por ICP-OES é possível constatar que apenas as soluções de água régia apresentaram recuperação satisfatória do cobre. Selecionou-se a solução de água régia invertida, tendo em vista que o excesso de nitrato do meio favorecerá a etapa de síntese, já que poderia-se partir do nitrato de cobre para a síntese do óxido de cobre. Além disso selecionou-se o tempo de 3 horas, já que nele o ânodo já havia sido completamente lixiviado.

A figura 1 mostra o resultado de DRX para o produto seco a 80°C. Nela é possível constatar que o produto obtido foi o composto Cu₂(OH)₃(NO₃), tendo em vista que o difratograma da amostra (azul) coincide com o difratograma de referência (vermelho).

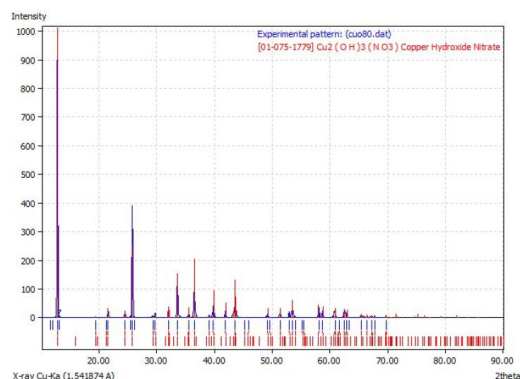


Figura 1. DRX amostra seca a 80°C

A figura 2 mostra o resultado de DRX obtido para o produto calcinado a 400°C

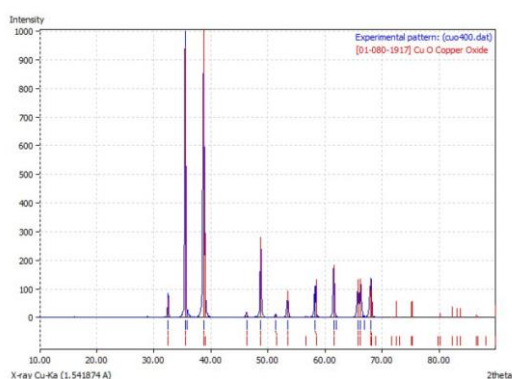


Figura 2. Amostra calcinada a 400°C.

A análise por DRX confirmou que, após a calcinação, o produto foi convertido em óxido de cobre, uma vez que o difratograma obtido para a amostra apresentou correspondência com os padrões de referência do banco de dados

As figura 3 e 4 mostram os resultados para a análise de MEV obtidos para o óxido de cobre nanoparticulado formado no produto calcinado a 400°C.

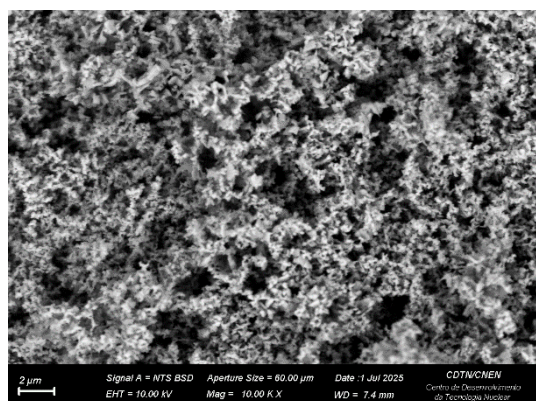


Figura 3. MEV óxido de cobre calcinado a 400°C. (10.00KX).

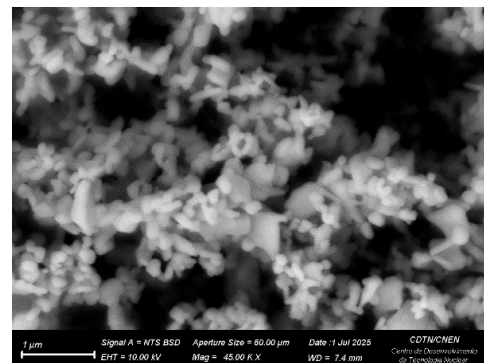


Figura 4. MEV óxido de cobre calcinado a 400°C (45.00KX).

A partir das imagens obtidas é possível constatar a formação de nanopartículas. Observa-se também que o óxido formado apresenta uma estrutura porosa, no entanto ainda é necessário a realização de análises de adsorção gasosa para que seja possível determinar quantitativamente a área superficial do material.

Conclusões

É possível concluir que a síntese de óxido de cobre nanoparticulado foi viabilizada a partir do nitrato de cobre obtido por lixiviação do ânodo de baterias de lítio-polímero. Destaca-se, ainda, que o processo de lixiviação foi otimizado, permitindo a extração de aproximadamente 98% do cobre presente no material. Este trabalho evidencia o potencial de desenvolvimento de soluções sustentáveis para o reaproveitamento de resíduos tecnológicos, como as baterias, transformando-os em insumos de valor agregado e contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado desses materiais.

Agradecimentos

Agradeço ao CDTN e ao Departamento de Química da UFMG pela disponibilização da infraestrutura para realização das caracterizações e dos experimentos. Ao CNPq e Fapemig pelo suporte financeiro.

Referências

1. X. Duan; W. Zhu; Z. Ruan; M. Xie; J. Chen; X. Ren, Energies, 2022, 15, 1611-1634
- 2 - C. Nie; X. Li; S. Shi; Y. Wang; X. Lyu; G. Li; X. Zhu; Z. Wan, Separation and Purification Technology, 2023, 322, 124277-124286
- 3 - M. Saleem; U. Ejaz; M. Vithanage; N. Bolan; K. Siddique, Clean Technologies and Environmental Policy, 2024, 10.1007/s10098-024-02774-6
- 4 - P. Anastas; N. Eghbali, Chemical Society Reviews, 2010,39, 301-312
- 4 - P. Anastas; N. Eghbali, Chemical Society Reviews, 2010,39, 301-312