

REDUÇÃO DE ÍONS Cu^{2+} REMOVIDOS DE RESÍDUO DE LABORATÓRIO UTILIZANDO FILMES DE CARBOXIMETIL CELULOSE

Matheus Lucas Median Amorim

Vera Regina Leopoldo Constantino

Denise Freitas Siqueira Petri

Instituto de Química da USP

matheusmedian@usp.br

Objetivos

O cobre é um dos elementos ameaçados.¹ Por esse motivo, é essencial propor estratégias para sua recuperação. Íons Cu^{2+} podem ser removidos de resíduos de laboratórios de graduação por adsorção em carboximetil celulose (CMC).² Os íons Cu^{2+} adsorvidos podem ser dessorvidos em meio ácido² ou eletrodepositados.³ Os objetivos deste estudo são investigar: (i) as transformações dos íons Cu^{2+} adsorvidos sob tratamento térmico brando (170 °C, 20 min), e (ii) o efeito do contra-íon nessas transformações.

Materiais e métodos

Os filmes de CMC foram preparados através da secagem do gel precursor (CMC 30 g/L, ácido cítrico 3 g/L e hipofosfito de sódio 1,5 g/L)⁴ em estufa a 65 °C, por 72 h min. Em seguida, os filmes são imersos nas soluções de sulfato e nitrato de cobre, afim de removerem íons Cu^{2+} das soluções, conforme a **Figura 1**.

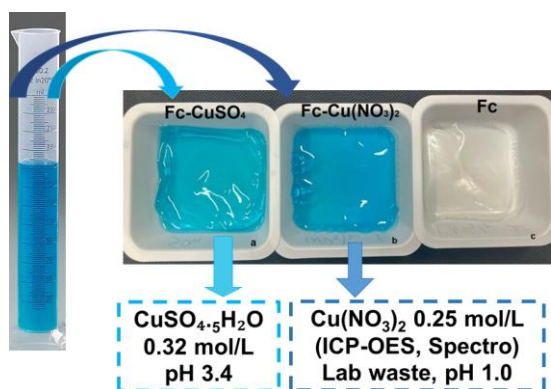


Figura 1: Filmes de CMC em contato com as soluções contendo cobre.

Os filmes secos contendo íons cobre foram submetidos a tratamento térmico em estufa fechada (170 °C, 20 min), assim como o controle (filme de CMC puro), como mostra a **Figura 2**.

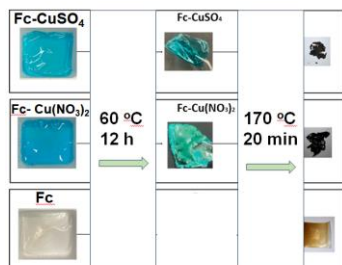


Figura 2: Fotografias dos filmes de CMC após secagem e tratamento térmico.

Resultados

Análises de ICP-OES demonstraram que os filmes conseguiram remover aproximadamente 11,6 mg de cobre por grama de filme em solução de CuSO_4 e 7,8 mg de cobre na solução de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, conforme representado na **Figura 3**. Na mesma figura, observa-se análises de difração de raios-X (DRX) após o tratamento térmico, indicando a formação de óxidos de cobre, inclusive de Cu^+ e Cu^0 , o que indica a redução do Cu^{2+} que foi removido das soluções.

Adsorbed amount (q) determined by ICP-OES:

$$q \text{ (mg/g)} = 11.6 \pm 0.1 \quad 7.8 \pm 0.1$$

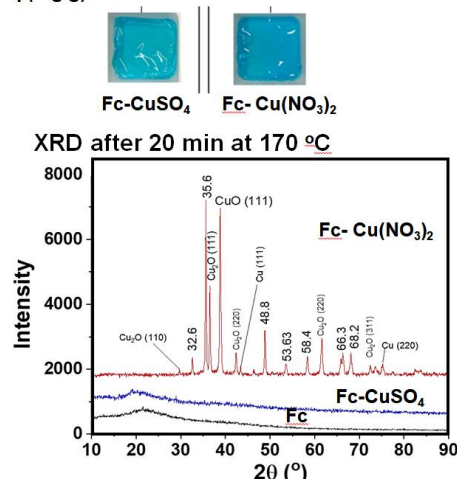


Figura 3: Representação dos resultados de remoção obtidos por ICP-OES e de DRX pós tratamento térmico.

A **Figura 4** mostra imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV), que evidenciaram a formação de poros na estrutura dos filmes contendo íon cobre após o tratamento térmico.

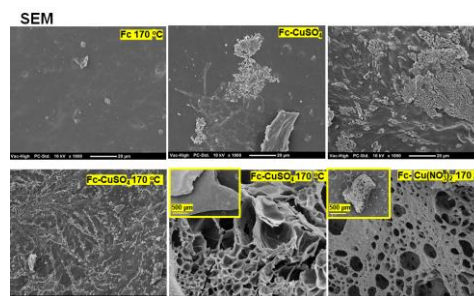


Figura 4: Imagens de MEV dos filmes antes e depois do tratamento térmico.

Conclusões

Após aquecimento a 170 °C por 20 min, a redução de Cu^{2+} para Cu^+ foi mais pronunciada quando o contra-íon era nitrato (XRD). Uma pequena quantidade de Cu^0 foi formada. O aquecimento em ar promoveu a decomposição de NO_3^- em NO_2 e O_2 ,⁵ aumentando a porosidade em comparação ao sulfato (SEM), devido à possível reação: $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} + 2\text{NO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$.

Referências

1. <https://www.acs.org/green-chemistry-sustainability/research-innovation/endangered-elements.html>
2. Callisaya, M.P. et al. *Environ Res* **2024**, 252, 118970.
3. Wu, J. et al. *Water* **2025**, 17, 856.
4. Bueno, V.B. et al. *Carbohydr Pol* **2013**, 92, 1091-1099.
5. Ghose, J.; Kanungo, A. *J. Thermal Anal* **1981**, 20, 459-462