cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais

22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Além dos Nanomateriais Monofuncionais: Nanopartículas Core-Shell de MgFe2O4@HAp para Remediação Integrada da Água

Joyse A. Vargas[1,2]; Miryam R. Joya[1]
1 Universidad Nacional de Colombia ; 2 Resistencia Aquitania

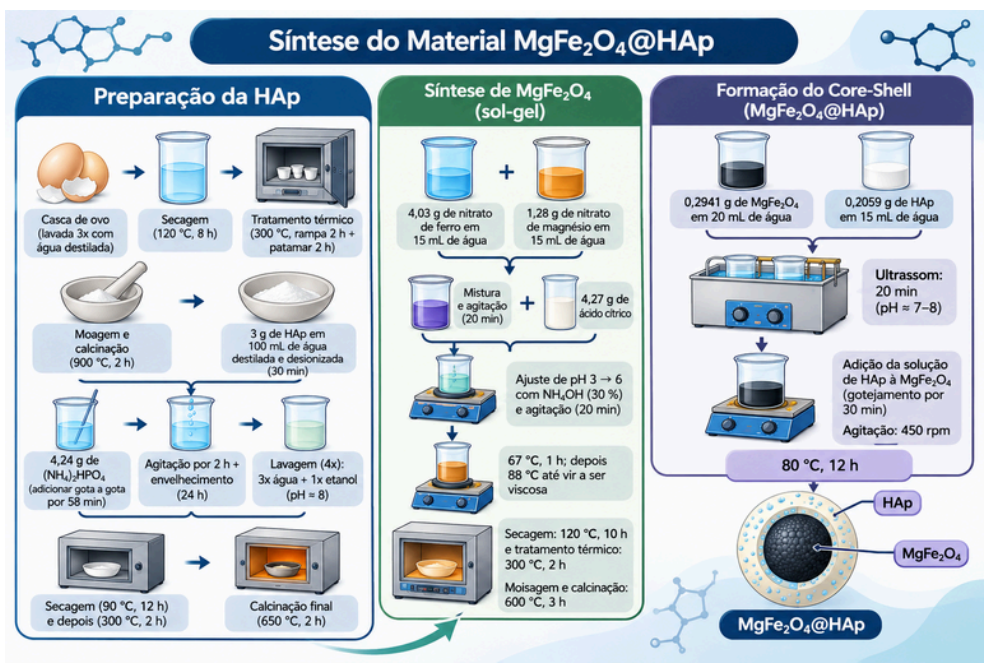
Introdução

A contaminação da água por metais pesados e compostos orgânicos exige materiais capazes de integrar diferentes mecanismos de remediação. Nesse contexto, nanopartículas core-shell de $MgFe_2O_4$@Fe-HAp são propostas como uma alternativa multifuncional, combinando as propriedades magnéticas da ferrita de magnésio com o potencial adsorvente da hidroxiapatita modificada com ferro, visando a remoção de contaminantes e a recuperação magnética do material.

Objetivos

Sintetizar e caracterizar um nanocompósito de ferrita de magnésio ($MgFe_2O_4$) e hidroxiapatita (HAp), com arquitetura do tipo core-shell, avaliando suas propriedades físico-químicas, estruturais, morfológicas e ópticas, a fim de explorar seu potencial de aplicação em processos de remediação ambiental.

Síntese



Caracterização

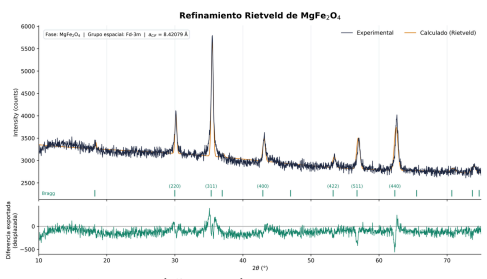
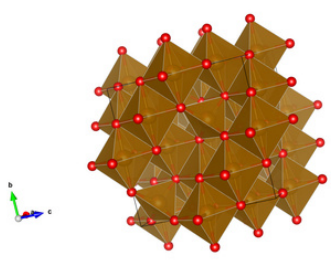
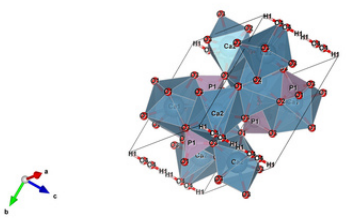


Figura 1: Padrão XRD de MgFe2O4





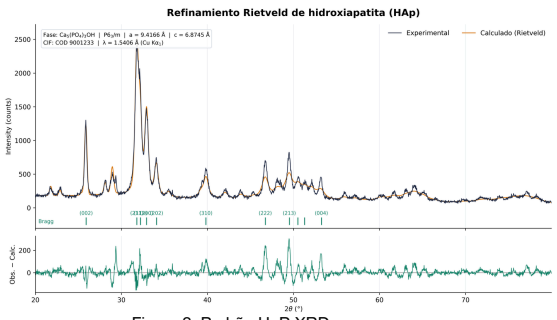


Figura 2: Padrão HaP XRD

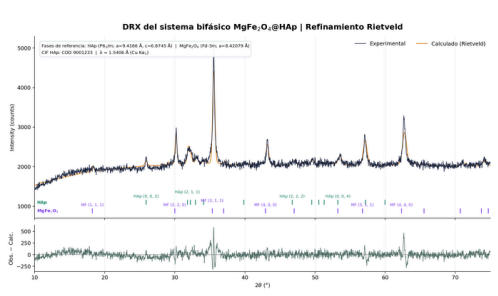
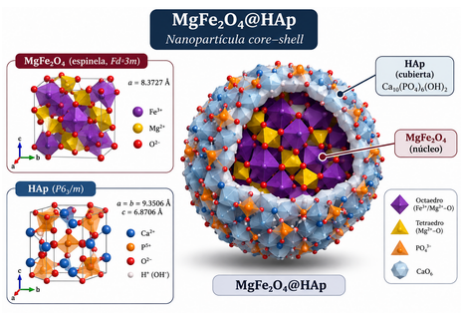


Figura 3: Padrão XRD MgFe2O4@HaP



Os espectros Raman evidenciam as bandas vibracionais características de $MgFe_2O_4$, HAp e do material core-shell. A sobreposição de bandas no compósito indica a contribuição vibracional de ambas as fases.

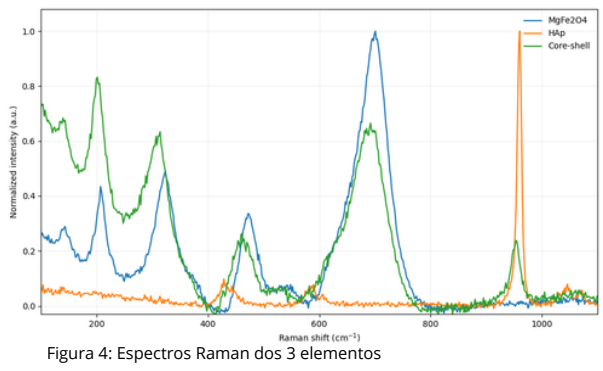


Figura 4: Espectros Raman dos 3 elementos

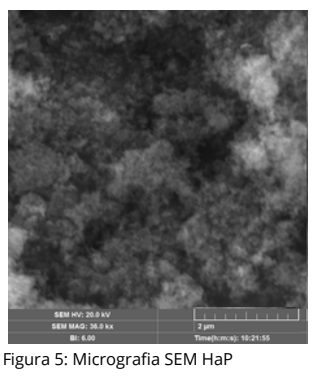


Figura 5: Micrografia SEM HaP

A micrografia de MEV revela uma morfologia granular e heterogênea, caracterizada pela formação de aglomerados de partículas com distribuição irregular e diferentes dimensões.

A análise morfométrica revelou partículas com tamanho médio de 62,37 ± 10,17 nm, apresentando distribuição relativamente estreita de tamanhos.

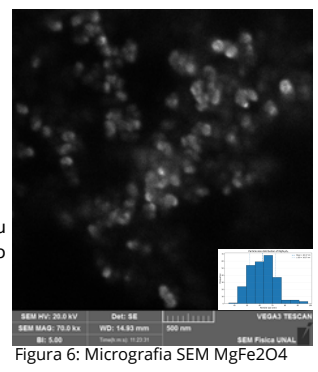


Figura 6: Micrografia SEM MgFe2O4

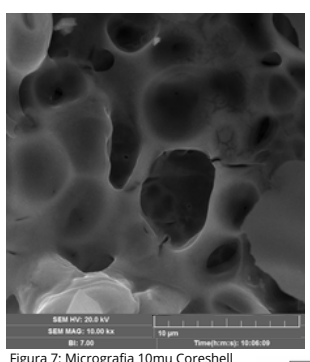


Figura 7: Micrografia 10mu Coreshell

Observa-se uma morfologia heterogênea, com aglomerados e distribuição irregular das partículas, apresentando tamanho médio de 259,13 ± 43,69 nm

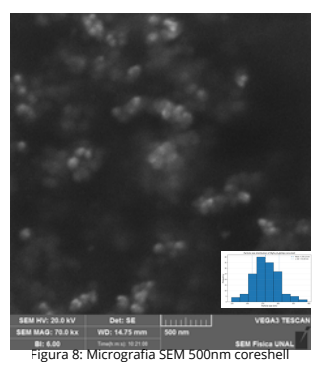


Figura 8: Micrografia SEM 500nm coreshell

O gráfico de Tauc indica um band gap óptico direto estimado em 2,06 eV, associado às transições eletrônicas do $MgFe_2O_4$.

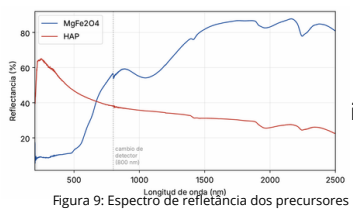


Figura 9: Espectro de refletância dos precursores

A extrapolação não apresenta uma região linear suficientemente definida. O início da absorção ocorre acima de 5,8 eV, não permitindo determinar um band gap confiável por este método

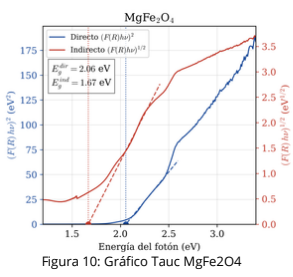


Figura 10: Gráfico Tauc MgFe2O4

Os espectros de reflectância difusa apresentam respostas ópticas distintas para $MgFe_2O_4$ e HAp, evidenciando diferenças na interação dos materiais com a radiação na região UV-Vis-NIR.



Figura 11: Grafico Tauc HaP

Conclusões

- A síntese assistida por micro-ondas permitiu obter materiais à base de $MgFe_2O_4$ e hidroxiapatita (HAp), possibilitando a formação de um sistema compósito core-shell.
- As análises de DRX, MEV-EDS, UV-Vis-NIR e espectroscopia Raman forneceram informações complementares sobre a estrutura cristalina, morfologia, composição química e propriedades ópticas dos materiais.
- A combinação de $MgFe_2O_4$ e HAp representa uma estratégia promissora para integrar propriedades magnéticas e características superficiais favoráveis à interação com contaminantes.
- A arquitetura core-shell apresenta potencial para o desenvolvimento de materiais multifuncionais destinados a aplicações ambientais, especialmente no tratamento de águas contaminadas.

Trabalhos Futuros

- Trabalhiar a eficiência do sistema $MgFe_2O_4$@HAp na remoção de metais pesados, como Pb^{2+}, Cd^{2+}, Cu^{2+} e Cr(VI), em soluções aquosas.
- Investigar a capacidade de degradação de contaminantes orgânicos, incluindo pesticidas e herbicidas, por meio de ensaios de fotocatálise.
- Estudar os mecanismos de absorção, troca iônica e imobilização de metais pesados, bem como a possível mobilização de espécies metálicas sobre diferentes condições de pH.
- Investigar a influência do pH, tempo de contato e concentração inicial dos contaminantes na eficiência do processo.
- Avaliar a recuperação magnética, reutilização e estabilidade do material após ciclos sucessivos de tratamento.

Referências e Agradecimentos

1. BIEDRZYCKA, A.; SKWAREK, E.; HANNA, U. M. Hydroxyapatite with magnetic core: Synthesis methods, properties, adsorption and medical applications. Advances in Colloid and Interface Science, v. 291, art. 102401, 2021. https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102401

2. DAS, K. C.; DHAR, S. S. Remarkable catalytic degradation of malachite green by zinc supported on hydroxyapatite encapsulated magnesium ferrite (Zn/HAP/$MgFe_2O_4$) magnetic novel nanocomposite. Journal of Materials Science, v. 55, p. 4592–4606, 2020. https://doi.org/10.1007/s10853-019-04294-x

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

RESISTENCIA AQUITANIA