cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Síntese e caracterização de hidróxidos duplos lamelares multimetálicos do tipo Shigaita

Anne Raquel Sotiles[1]; Vítor Vianna de Souza Machado[1]; Fernando Wypych[1].
[1] Universidade Federal do Paraná – UFPR

Introdução

Hidróxidos duplos lamelares (HDLs) pertencem a uma série de compostos com diversas formulações. Os convencionais apresentam a fórmula $[M^{2+}_{1-x}M^{3+}_{x}(OH)_2](A^{n-})_{x/n}\cdot yH_2O$, enquanto os HDLs do tipo shigaita possuem a composição $[M^{2+}_6Al_3(OH)_{18}][B^+(H_2O)_6(SO_4)_2]\cdot 6H_2O$ (M^{2+}= Mg, Mn, Zn, Co, Ni; B^+= Li, Na, K).[1,2]

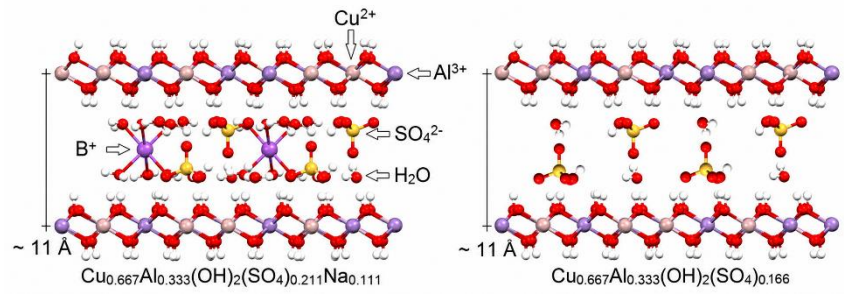


Figura 1. Representação do HDL $Cu_{0.667}Al_{0.333}(OH)_2(SO_4)_{0.166}$ (tradicional) e $Cu_{0.667}Al_{0.333}(OH)_2(SO_4)_{0.222}Na_{0.111}$ (tipo shigaita)[1].

Esses materiais permanecem relativamente pouco explorados em comparação com os HDLs tradicionais, e estudos recentes do nosso grupo de pesquisa demonstraram a viabilidade de sintetizar novos compostos com diferentes graus de complexidade.[3]

Objetivos

Neste trabalho, foram sintetizados HDLs multimetálicos do tipo shigaita, ampliando a diversidade estrutural dessa classe de compostos. Os HDLs nas versões tetrametálica, pentametálica e hexametálica foram sintetizados pelo método de coprecipitação a pH crescente, visando obter as composições $Zn_2Co_2Mn_2Al_3(OH)_{18}(SO_4)_2Na\cdot xH_2O$, $Zn_{1,5}Co_{1,5}Mn_{1,5}Ni_{1,5}Al_3(OH)_{18}(SO_4)_2Na\cdot xH_2O$ e $Zn_{1,2}Co_{1,2}Mn_{1,2}Ni_{1,2}Cu_{1,2}Al_3(OH)_{18}(SO_4)_2Na\cdot xH_2O$, respectivamente

Metodologia

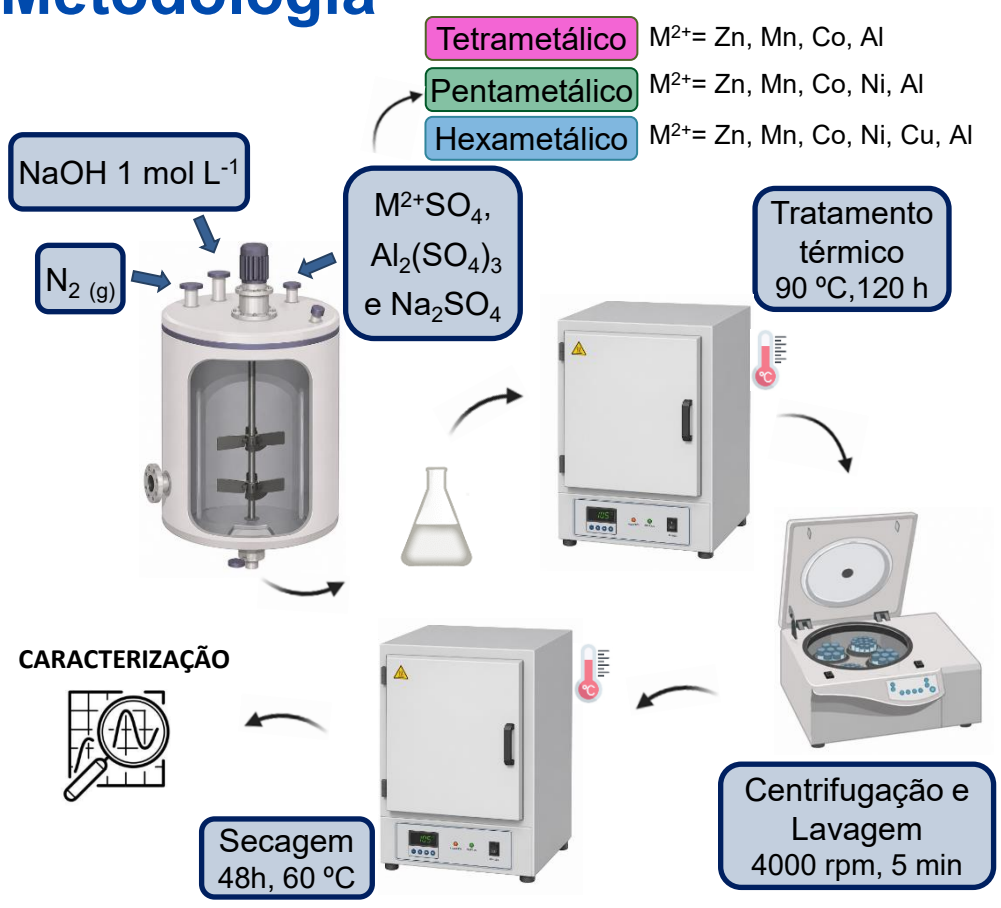


Figura 2. Representação esquemática da síntese dos HDLs.

Resultados e Discussão

A incorporação progressiva de diferentes metais na lamela permite investigar o efeito da composição sobre as propriedades estruturais dos HDLs. A caracterização realizada por difratometria de raios X (DRX) evidenciou padrões cristalinos e distâncias basais próximas de 11 Å, indicando a intercalação de cátions de sódio e ânions sulfato, ambos hidratados (Fig. 3A). Os espectros de infravermelho (FTIR) confirmaram a presença dos grupos hidroxila das lamelas, bem como das bandas características do ânion sulfato intercalado e bandas associadas à água, consistentes com a estrutura hidratada do material (Fig. 3B).

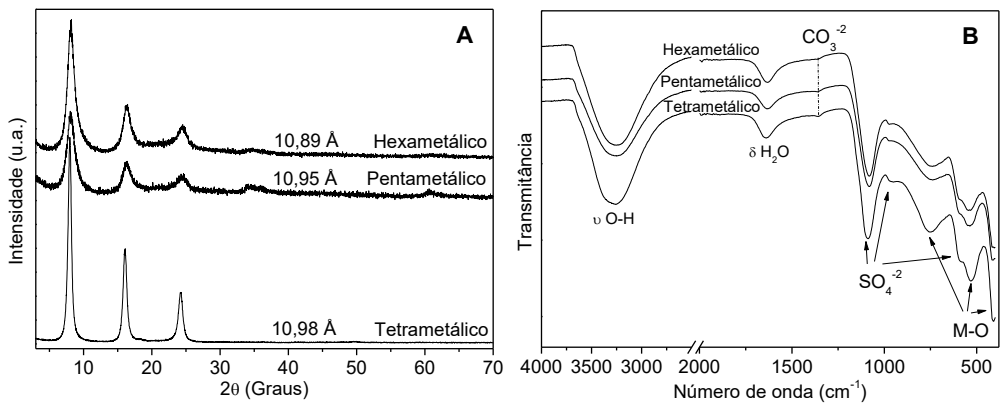


Figura 3. Padrão de DRX (A) e espectro de FTIR (B) dos HDLs.

As imagens de MEV (Fig. 4) mostraram partículas submicrométricas e os resultados de ICP-OES (Tabela 1) indicaram composição real próxima da esperada.

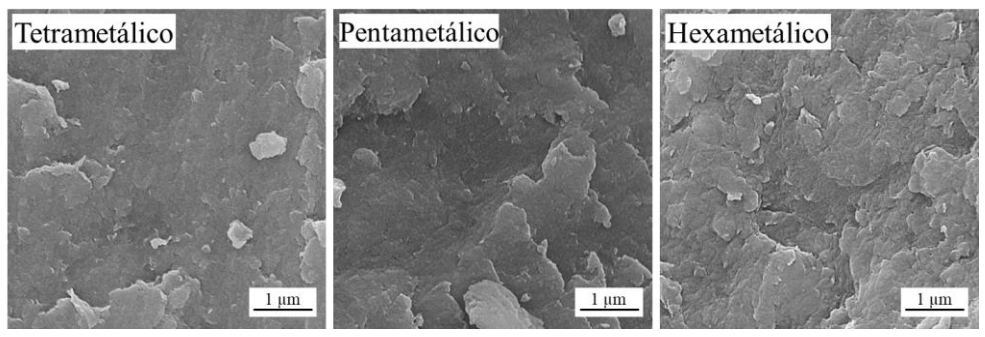


Figura 4. Imagens de MEV dos HDL sintetizados.

Tabela 1. Composição obtida por ICP-OES para os HDLs.

HDL	Zn^{2+}	Co^{2+}	Mn^{2+}	Ni^{2+}	Cu^{2+}	Al^{3+}	Na^+	SO_4^{2-}
Tetra	0,246 (0,222)	0,230 (0,222)	0,144 (0,222)	-	-	0,380 (0,333)	0,107 (0,111)	0,213 (0,222)
Penta	0,177 (0,167)	0,165 (0,167)	0,113 (0,167)	0,174 (0,167)	-	0,371 (0,333)	0,081 (0,111)	0,185 (0,222)
Hexa	0,142 (0,133)	0,122 (0,133)	0,100 (0,133)	0,135 (0,133)	0,136 (0,133)	0,316 (0,333)	0,009 (0,111)	0,172 (0,222)

Valores entre parênteses correspondem ao valor esperado com base na fórmula reduzida $[M^{2+}_{0,666}Al_{0,333}(OH)_2Na_{0,111}(SO_4)_{0,222}]\cdot yH_2O$.

Conclusões

Os resultados demonstram que o método de coprecipitação com pH crescente é eficiente para a obtenção de HDLs multimetálicos. A síntese desses novos materiais amplia o campo de estudo dos HDLs multimetálicos e abre perspectivas para investigações futuras envolvendo propriedades catalíticas, magnéticas e aplicações em sensores.

Referências

[1] SOTILES, A. R.; GRASSI, M. T.; SANTOS, M. P.; WYPYCH, F. **Journal of the Brazilian Chemical Society,** v. 32, n. 1, p. 170–181, 2021. DOI: https://doi.org/10.21577/0103-5053.20200166

[2] SOTILES, A. R.; BAIKA, L. M.; GRASSI, M. T.; WYPYCH, F. **Journal of the American Chemical Society**, v. 141, n. 2, p. 531–540, 2019. DOI: https://doi.org/10.1021/jacs.8b11389

[3] SOTILES, A. R.; MACHADO, V. V. S.; WYPYCH, F. **Inorganic Chemistry Communications**, v. 146, 110180, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.110180

Agradecimentos

UFPR QUÍMICA LAQMA
BIOPOL UFPR
UFPR UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CME UFPR
CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FINEP FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Química Departamento