

# Ferritas de gadolínio: síntese, caracterização e propriedades magnéticas

Giselle Giovanna do Couto (PG)\*, Ricardo Gentil (IC), Miguel Jafelicci Junior (PQ)

\*ggcoutho@iq.unesp.br

Instituto de Química de Araraquara, UNESP, LaMMC – CP 355, Araraquara 14801-970, SP - Brasil.

Palavras Chave: ferritas de gadolínio, materiais magnéticos, processo poliol.

## Introdução

Nanopartículas (NP) magnéticas apresentam, quando expostas a um campo magnético externo, um efeito de aquecimento e/ou resfriamento conhecido como efeito magnetocalórico (EMC). O efeito pode ser compreendido como a transformação de energia magnética em energia térmica.<sup>1</sup> O EMC é intrínseco a todo material magnético, sendo intensificado em materiais contendo terras raras, como gadolínio, por exemplo.<sup>2</sup> Entretanto a estabilização de algumas fases metálicas torna-se, ainda um desafio, o qual pode ser contornado utilizando a propriedade de NP para estabilizar fases não usuais. Um método muito versátil para a síntese de NP magnéticas é o processo poliol. Este foi descrito primeiramente por Fievèt e colaboradores<sup>3</sup> e consiste na redução do metal por um diol, por exemplo, etileno glicol. Os objetivos deste trabalho estão focados na síntese e caracterização de nanopartículas magnéticas de óxido de ferro contendo gadolínio, através de modificações no método poliol.

## Resultados e Discussão

A síntese das NP foi realizada sob atmosfera ambiente e consistiu em adicionar os precursores metálicos  $\text{Fe}(\text{acac})_3$  e  $\text{Gd}(\text{acac})_3$  em diferentes composições, em um balão de três bocas, visando a obter nanopartículas de  $\text{Gd}_x\text{Fe}_{100-x}\text{O}_4$ , com  $x = 5, 10, 30$  e  $50$ . Em seguida foi feita a adição de 25 mL de tetraetileno glicol. O balão, sob vigorosa agitação, foi conectado a um sistema de refluxo e a temperatura elevada até 110°C, com uma taxa de aquecimento de 3°C min<sup>-1</sup>, foi então adicionado ácido oléico e oleilamina. A temperatura foi elevada até 327°C. Tanto agitação quanto aquecimento foram mantidos por 30 minutos. Passados esse tempo o aquecimento e a agitação foram desligados e as partículas foram lavadas utilizando acetona, secas e analisadas.

Os dados de difratometria de raios X para todas as amostras apresentam picos referentes à magnetita, entretanto tem-se o deslocamento de todos os picos para menor valor de 2 theta, isso indica que está havendo a inserção de átomos maiores na estrutura cristalina do óxido de ferro, portanto está havendo a formação da ferrita de

32<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química

gadolínio, para as amostras  $\text{Gd}_{10}\text{Fe}_{90}\text{O}_4$ ,  $\text{Gd}_{30}\text{Fe}_{70}\text{O}_4$  e  $\text{Gd}_{50}\text{Fe}_{50}\text{O}_4$ , nota-se também a presença do halo amorfo que pode ser devido à formação de óxido de gadolínio amorfo. As imagens de MET mostram partículas isoladas e irregulares, sem forma definida. A distribuição de tamanho está bem larga, sendo que o tamanho varia de 3 a 10 nm, tendo uma média em torno de 6,5 – 7 nm. A presença de Gd na formação do material foi confirmada por análises de EDX, no qual aparecem bandas nas energias características de Fe (6063 e 6729 eV) e de Gd (6406 e 7083 eV). As curvas de histerese magnética inferem comportamento superparamagético, entretanto, percebe-se a presença de campo coercivo e remanência, que indicam a existência de um momento magnético residual nas amostras em comportamento que a princípio estaria em contradição para o esperado em amostras com monodomínios. No entanto, o resultado pode ser explicado levando-se em consideração a proximidade entre as nanopartículas monodomínios, fazendo com que ocorram acoplamentos dipolo-dipolo (magnético) entre partículas vizinhas. A partir das curvas FC (field cooling) e ZFC (zero field cooling) foi possível obter a temperatura de bloqueio do material, a qual se encontra na faixa de 32 K. Esse valor na  $T_B$  pode ser atribuído ao tamanho das partículas na ordem de nanômetro.

## Conclusões

Ferritas de gadolínio em tamanho nanométrico foram obtidas através de modificações no processo poliol, em diferentes composições. Ácido oléico e oleilamina conferem estabilidade às nanopartículas. As medidas magnéticas mostram que as partículas apresentam altos valores de magnetização de saturação, característica importante para o estudo de EMC.

## Agradecimentos

À Fapesp, CNPq e CAPES pelo suporte financeiro

<sup>1</sup> Pecharsky, V. K., Gschneider JR, K. A. *J. Magn. Magn. Mater.* **1999**, 200, 44.

<sup>2</sup> Gschneider JR, K. A.; Pecharsky, V. K. *Annu. Rev. Mater. Sci.* **2000**, 30, 387.

<sup>3</sup> Fievèt, F., Lagier, J.P., Filgarz, M., *Mater. Res. Bull.*, **1989**, 32-33, 29.