

# PROPRIEDADES ESTRUTURAIS E MAGNÉTICAS DE ÓXIDOS DE FERRO NANOESTRUTURADOS PARA APLICAÇÕES EM HIPERTERMIA

Ana Letícia Rabelo Ciscotto e Adriana Silva de Albuquerque  
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

## INTRODUÇÃO

Materiais magnéticos nanoestruturados ocupam um lugar de destaque em ciência dos materiais devido às suas diversas aplicações tecnológicas, em diferentes áreas do conhecimento. Na área biomédica, a nanotecnologia tem apresentado importantes avanços em diagnóstico por imagens e no tratamento de determinados tumores. O aquecimento de uma célula cancerígena a uma temperatura entre 42 e 45°C provoca sua lise e, por isso, tal aquecimento, denominado hipertermia, vem sendo empregado no combate ao câncer. Partículas nanométricas de óxidos de Fe mostram-se promissoras para esta aplicação [1], uma vez que possuem características diferentes das apresentadas em escala micro ou macro, como tamanho favorável a absorção pelas células e resposta mais eficiente a campos magnéticos externos, absorvendo destes mais energia [2]. Partículas nanométricas suspensas em um fluido caracterizam os ferrofluidos. Estes nanomateriais são geralmente superparamagnéticos, sendo suas partículas, magnetizadas e desmagnetizadas quando submetidas a um campo magnético alternado, ocorrendo liberação de calor [3]. Dessa forma, ferrofluidos são agentes que propiciam a hipertermia e, escolhido o solvente de tal forma que o fluido seja biocompatível, são direcionados para o local do tumor sem causar danos aos tecidos saudáveis.

## OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é a síntese e caracterização de fluidos magnéticos, baseados em ferritas, visando aplicação em hipertermia. Esta etapa do trabalho foi direcionada ao estudo da variação da temperatura em função de um campo magnético, gerado por um sistema de

aquecimento por indução, em um fluido contendo partículas de ferritas nanométricas.

## METODOLOGIA

Por apresentarem resultados promissores em testes anteriores, foram utilizadas amostras de ferritas de NiZn, de Co, de Ni e de Fe (magnetita) sintetizadas por coprecipitação. Esses três últimos materiais foram sintetizados pela aluna Camila M. de Sousa. Os pós foram analisados quanto à composição e estrutura por espectroscopia Mössbauer (EM) e difração de raios X (DRX) e, posteriormente, foram diluídos em água deionizada para medida de variação de temperatura quando submetidos ao aquecimento por indução.

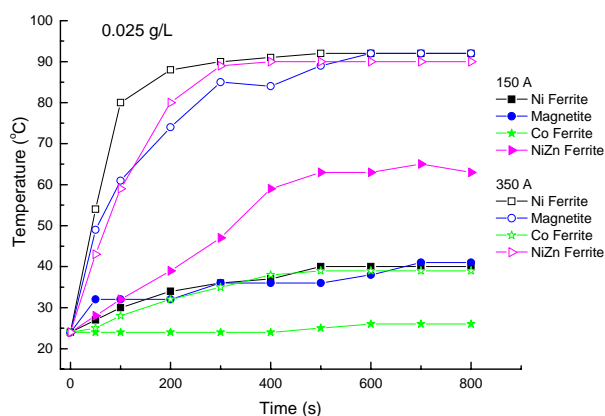
O sistema de aquecimento por indução produz um campo magnético alternado, elevando a temperatura das soluções contendo nanopartículas. Foram variados os seguintes parâmetros: concentração ferrita-água deionizada (0,0125 ou 0,0250g/mL), corrente aplicada (150,4 ou 350,4 A) e tempo de experimento (50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 ou 800s). Para cada combinação de variáveis foi medida a temperatura inicial e final da solução e calculada a variação desse parâmetro ( $\Delta T$ ). Os valores de potência e frequência foram respectivamente, ~1320 W e ~198 kHz, para corrente de 350 A, e 310W e 200kHz para a corrente de 150 A.

## RESULTADOS

A difração de raios X indicou a formação dos óxidos de ferro com tamanho de cristalitos variando entre 20 e 50 nm. A espectroscopia Mössbauer confirmou a formação das estruturas do tipo espinélio e indicou relaxação

superparamagnética para todas as amostras, à temperatura ambiente.

Os resultados das medidas de aquecimento por indução indicaram que partículas magnéticas, quando submetidas a campos magnéticos externos, apresentam variação na temperatura em função da concentração das partículas, da corrente aplicada e do tempo de experimento. O gráfico da Figura 1 mostra os resultados obtidos.



**Figura 1** - Variação da temperatura vs. tempo de aquecimento por indução para as diferentes ferritas.

## CONCLUSÃO

A ferrite de NiZn alcançou maior temperatura no intervalo de tempo testado em 150 A. A 350 A, apenas a ferrite de Co apresentou-se ineficiente para o aquecimento por indução.

Na continuidade do trabalho serão realizados experimentos em condições fisiológicas permitidas de intensidade de corrente e frequência [2], de forma que não ultrapassem, também, a temperatura ideal para o tratamento do câncer.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Pavon, LF, Okamoto OK., Einstein. (2007) 5(1):74-77
- [2] Tartaj P, Morales MP, Veintemillas-Verdaguer S, Gonzales-Carreño T, Serna JC. . J Phys D Appl Phys. (2003) 36:R182-R197.

[3] Kalambur, VS, Han, B, Hammer, BE, Shield, TW, Bischof, JC, . Nanotechnology 16 (2005) 1221–1233.

[4] Texto do Exame de Qualificação de Doutorado da aluna Karynne C. de Souza (2009).

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq e FAPEMIG