

Preparação de Fluido Magnético a Base de Nanopartículas Magnéticas

Preparation of Magnetic Fluid in Magnetic Nanoparticles Base

Joel Rocha Silva^a; Luciana Rebelo Guilherme^b; Mábio Guerra Braga^a; Murilo Augusto Luz Peres^a; Jaqueline de Oliveira Silva^a

^aFaculdade Anhaguera de Anápolis, GO, Brasil

^bUniversidade Estadual de Goiás, GO, Brasil

Resumo

A nanotecnologia é a ciência que estuda a matéria em escala nanométrica, em razão de suas características únicas vem contribuindo para diversos estudos em diversas áreas da ciência, dentre elas, pode-se destacar a área médica ou de medicamentos, que por meio desta tecnologia almeja alcançar resultados promissores com o uso de nanopartículas magnéticas. Esta é somente uma das inúmeras vantagens da execução desta pesquisa experimental que consiste na síntese de nanopartículas de magnetita, para posterior preparação de fluido magnético funcionalizado por uma molécula de revestimento como o ácido láurico, um ácido de cadeia longa com característica de agente estabilizante. Dentre as diversas nanopartículas magnéticas existentes, destaca-se a magnetita, quando bem dispersada no fluido magnético possui segurança conhecida. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um fluido magnético e sua caracterização por espectroscopia na região do infravermelho. O fluido contendo partículas de magnetita foi preparado e caracterizado por bandas de absorção de ligações Fe-O presente na magnetita e estiramentos de ligações C-H, bem característico do ácido láurico, sugerindo a presença dos mesmos no experimento.

Palavras-chave: Nanopartículas Magnéticas. Magnetita. Ácido Láurico. Fluido Magnético.

Abstract

The nanotechnology through her characteristic one, like the so large of prticule in nanometric contribute to some studies some science, among its, to show off into medicine or medicament, that though this tecnology it wish to reach favorable result with the use of magnetic nanoparticle. This is only one some advantage of experimental examination that to consist in the synthesis of magnetite, to later preparation of fluid magnetic involved to substance coated like acid laurico, that consist in an acid of long chain with charateristic of agent establish. Among some magnetic nanoparticles existent, to show off of the magnetita, when full dispersed in magnetic fluid it posses security knowable. After the development of fluid magnetic, achieved it charaterization for espectroscopia in region of, the infored where evidenced though of graphic, sections of absorb of extendly of connection C-H, fullycharacteristic of magnetic fluids, contributing so to purpose of examination.

Keywords: Magnetic Nanoparticles. Magnetita. Acid Laurico., Fluid Magnetic.

1 Introdução

A nanociência corresponde ao estudo da matéria em escala nanométrica, onde suas propriedades químicas são únicas, possibilitando a aplicação desta inovadora ciência em nanotecnologia, ou seja, a tecnologia que emprega moléculas de tamanho muito pequeno para obtenção de estudos e aperfeiçoamentos nos diversos campos do conhecimento. (ALVES, 2004).

A nanotecnologia representa a manipulação da matéria de ordem nanométrica. Quando isso acontece as partículas adquirem características únicas, fato que explica o grande interesse industrial e tecnológico pelos nanomateriais que já são fabricados para emprego em cosméticos, catalisadores, ou simplesmente pelo fato de proporcionar aos materiais, mais resistência (FABIAN, 2009).

A nanotecnologia ainda tem muito a contribuir para o estudo das moléculas e estruturas, desde sua produção às suas diversas aplicações nos variados tipos de tecnologia, representando uma nova revolução do conhecimento (ALVES, 2004).

Dentre as substâncias magnéticas mais utilizadas, destaca-se a magnetita, estudos têm demonstrado toxicidade baixa, e um alto nível de tolerância pelo organismo humano. As partículas de magnetita possuem diâmetro muito pequeno e representa um dos óxidos mais abundantes na terra, sendo encontrado em diversos ambientes geográficos. Os óxidos de ferro através de sua grande quantidade de ferro e suas características e particularidades exercem papel essencial na litosfera (MEDIANO, 2003).

Podem ser preparadas soluções coloidais com nanopartículas magnéticas, como fluidos magnéticos que são definidos como suspensões coloidais estáveis, com uma fase dispersa formada de nanopartículas magnéticas, em geral contendo ferritas ou óxidos de ferro. (Figura 1(a) e (b)). O incentivo de pesquisas com fluidos magnéticos é tema de grande desafio, com o crescimento e envolvimento de várias áreas da nanociência e nanotecnologia (JACINTHO, 2007).

As nanopartículas magnéticas presentes em fluidos magnéticos possuem incríveis características de serem encaminhadas a alvos específicos através de campo magnético externo. Ou seja, essa extraordinária propriedade possibilita

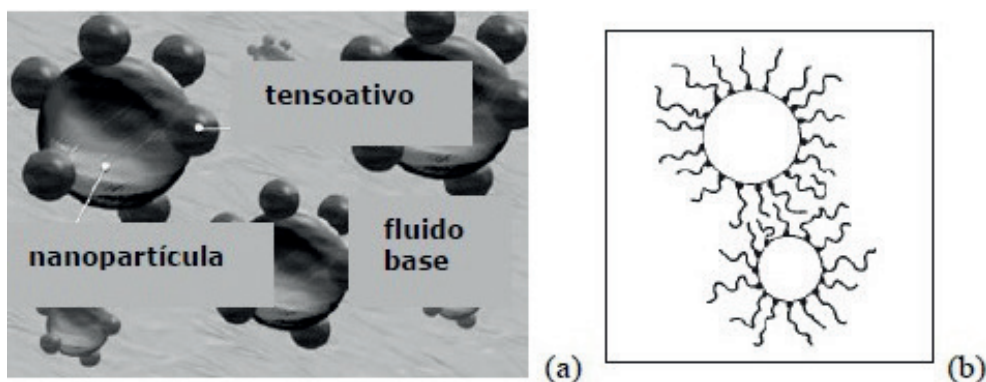
a aplicação desse sistema magnético como carreadores de drogas a sítios específicos no corpo, resultando na liberação controlada e direcionada de fármacos (GOMES, 2007).

A utilização de fluidos magnéticos, aliada a um campo magnético externo, através de suas propriedades magnéticas sofre interação de modo que, quando o campo magnético externo é movimentado, as partículas magnéticas presentes juntamente com os fármacos, também se movimentam a favor do movimento do campo magnético. Quando o fármaco é direcionado pelas interações magnéticas do veículo (fluido magnético) o mesmo apresenta atividade farmacodinâmica esperada e ainda podem sofrer alterações de farmacocinética, o que demonstra a grande importância desse sistema magnético,

aplicado em farmacologia, na melhoria das condições ideais para promoção de um melhor tratamento farmacológico à determinada situação em que se encontra determinado paciente (PAVON, OKAMOTO, 2007).

Alguns estudos mostram que a aplicação dos fluidos magnéticos tem crescido constantemente com o avanço da tecnologia, mas a principal utilidade desses fluidos é de possibilitar que os mesmos direcionem diversos tipos de fármacos localizados dentro de um organismo a regiões específicas, através de campo magnético externo, o que contribuiria e muito para a diminuição do tempo de exposição do organismo ao fármaco, e conseqüente diminuição dos efeitos colaterais (CHAVES, 2008).

Figura 1: Esquema ilustrativo de um fluido magnético. (a) As nanopartículas magnéticas dispersas em um fluido base são recobertas com material surfactado (ou tensoativo) para garantir a estabilização do ferrofluido contra o efeito de agregação magnética (b) detalhe da interação das partículas em curto alcance. A ação dos surfactantes distribuídos na superfície cria uma resistência (forças repulsivas) à aproximação das partículas magnéticas evitando a formação de agregado e sedimentação da suspensão, garantindo desta maneira a estabilização do ferrofluido.



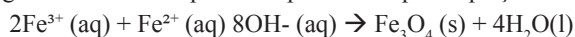
Fonte: Cunha (2006)

O objetivo do trabalho consiste em preparar e caracterizar fluidos magnéticos a base de nanopartículas de magnetita funcionalizadas com bicamada de ácidos de cadeia longa, como o ácido láurico.

2 Material e Métodos

A pesquisa experimental que constitui a síntese de partículas de magnetita e preparação de fluido magnético foi realizada nas dependências da Universidade Estadual de Goiás, com a duração de aproximadamente 6 meses.

A síntese de partículas de magnetita foi feita pela coprecipitação de íons Fe (II) e Fe (III) em meio amoniacal. Os seguintes reagentes foram utilizados na síntese: Cloreto de ferro (III) hexahidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (Merck) e Cloreto de ferro(II) tetra hidratado ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (Merck); Ácido clorídrico concentrado (Chemco), hidróxido de sódio (Sigma), ácido láurico (ácido dodecanóico) (Vetec), hidróxido de amônio concentrado NH_4OH 25% (Fmaia), HNO_3 concentrado (Chemco). A reação química de formação de magnetita em meio aquoso é representada pela equação:



Foram pesados em uma balança analítica, com capacidade de 220 g e precisão de 0,0001g, marca KNWaagen, 6,002g de $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ e 12,002g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Figura 2) e dissolvidas em 50ml de água destilada. O cloreto férrico e o cloreto ferroso dissolvidos foram misturados em um béquer de vidro 250 mL (Marca schott duran) Foi adicionado a esta mistura 25 ml de NH_4OH P. A. agitando manualmente, conforme Figura 3(a) e 3(b).

Figura 2: Fotografia de preparação do fluido magnético. Pesagem

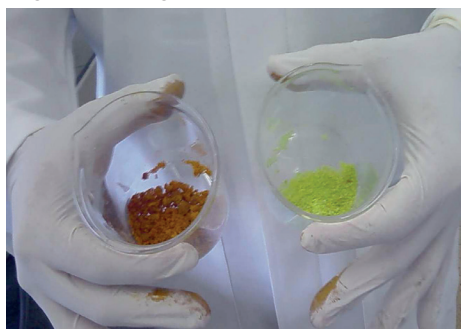
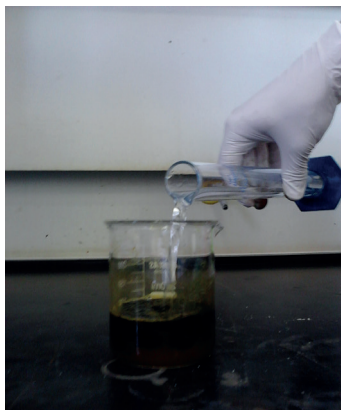
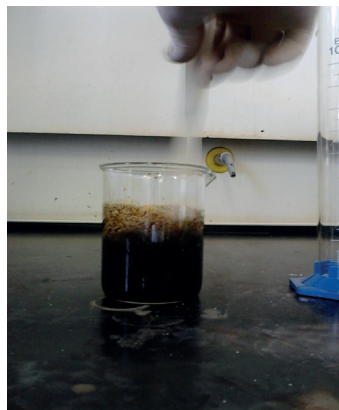


Figura 3(a): Adição de NH_4OH .**Figura 3(b):** Agitação constante.

Abaixo do béquer com a mistura colocou-se um im  de alto-falante (marca Sintered NdFeB Magnet), ficando

em repouso por 5 minutos, formando um precipitado preto, conforme Figura 4(a) e 4(b).

Figura 4(a): Fotografia de prepara o do fluido magnético.**Figura 4(b):** Separa o magnética das partículas através de um im 

Foi descartado o líquido sobrenadante, restando apenas o precipitado preto, que foi lavado com uma soluço de 5 ml de NH_4OH e 95 ml de água destilada.

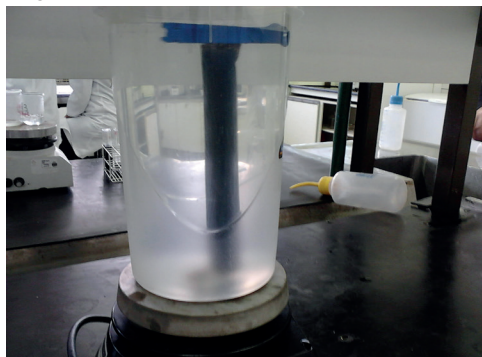
Uma amostra foi separada para posterior caracteriza o por espectroscopia de infravermelho.

Colocou-se novamente o im  embaixo do béquer sob agita o em agitador magnético com aquecimento, (marca Gama Basic, velocidade 250 a 1600 RPM/TPM - Modelo ACS-160), e foram adicionados 3,008g de ácido láurico, conforme Figura 5(a) e 5(b).

Figura 5(a): Pesagem do ácido láurico.**Figura 5(b):** Adi o do ácido láurico na amostra sob agita o.

A mistura foi levada a aquecimento   90  C por 4 minutos no mesmo agitador magnético com aquecimento, logo após foi feito

a diálise do fluido em membrana de celulose semipermeável (Inlab), conforme figura 6 (KHALAFALLA, 1980).

Figura 6: Fotografia de preparação do fluido magnético. Processo de Diálise

As amostras de magnetita sem a presença do ácido láurico e com a presença do ácido láurico foram preparadas e sofreram processo de liofilização, através de liofilizador Liotop modelo L101 com a finalidade de redução da amostra a pó, para posterior caracterização por espectroscopia no infravermelho na região de $4000-400\text{ cm}^{-1}$. O espectro foi obtido utilizando-se espectrofotômetro Perkin Elmer FT-IR/NIR Spectrometer, modelo Spectrum Frontier, as amostras foram dispersas em brometo de potássio de grau espectroscópico e prensadas na forma de pastilhas.

3 Resultados e Discussão

Após sintetizadas as nanopartículas de magnetita foram funcionalizadas com a monocamada de ácido láurico ou laurato que apresenta caráter hidrofóbico, não se dispersando em água. Após isso foi feita a funcionalização da bicamada, as partículas foram funcionalizadas com a segunda camada de laurato, estas se dispersaram espontaneamente em água, apresentando o caráter hidrofílico.

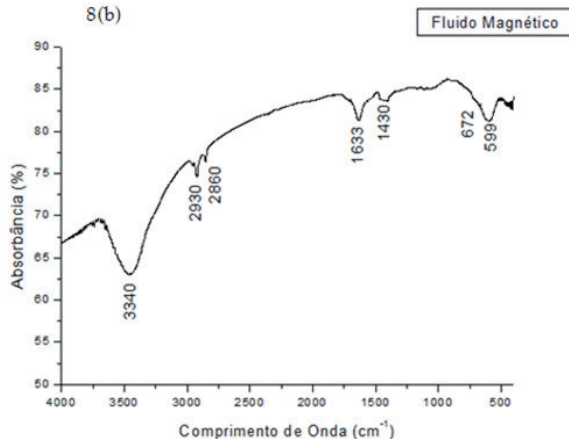
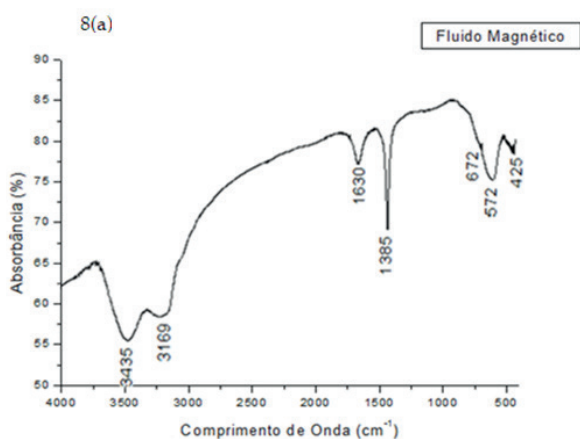
O fluido magnético apresentou como característica principal ser uma solução coloidal estável, com uma fase

sólida de nanopartículas dispersas em uma fase aquosa, além disso, apresentou grande magnetização na presença de ímã colocado embaixo do béquer, contribuindo para o propósito de nosso trabalho, como mostra Figura 7.

Figura 7: Fluido magnético a base de nanopartículas magnéticas de magnetita

A análise das partículas pode ser interpretada a partir da figura 8(a) que representa o espectro de infravermelho da amostra das partículas de magnetita sem a incorporação do ácido láurico, e a figura 8(b) que representa o espectro das partículas de magnetita funcionalizadas com o ácido láurico.

Na Figura 8(a) pode-se observar duas bandas de absorção em 3435 e 3169 cm^{-1} que são caracterizadas como bandas de absorção de grupos OH, estiramentos de água, a banda 1630 cm^{-1} sugere um possível estiramento de (C=O) presente também no espectro representado pela figura 8(b). As bandas identificadas entre 400 e 700 cm^{-1} correspondem à absorção de ligações (Fe-O) presentes na magnetita, caracterizando a presença da mesma no fluido (COSTA, *et al.*, 2005).

Figura 8(a): Espectro de absorção das partículas de magnetita no infravermelho.**Figura 8(b):** Espectro de absorção das partículas de magnetita no infravermelho, após funcionalização das partículas com ácido láurico.

Na Figura 8(b) pode-se observar bandas de absorção de fraca intensidade em 2860 e 2930 cm^{-1} que são referentes

ao estiramento de ligações C-H, grupos $(-\text{CH}_2-)$ e (CH_3-) , característicos do ácido láurico, pois o mesmo apresenta em

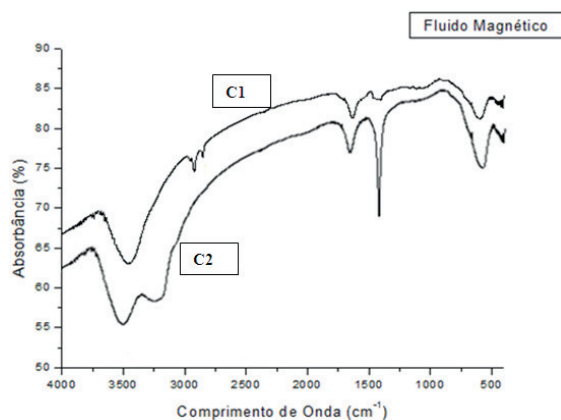
sua estrutura molecular diversos grupamentos ($-\text{CH}_2-$) sendo também conhecido como ácido dodecanoico, um ácido de cadeia longa. Essas bandas são ausentes no gráfico do fluido magnético sem o ácido láurico representado pela figura 8(a). Os nossos resultados estão de acordo com Silva, 2008. Que realizou experimentos referentes à nanopartículas magnéticas funcionalizadas com bicamada de ácido láurico, onde através de caracterização por espectrofotometria no infravermelho obteve espectros de absorção com bandas muito semelhantes as demonstradas neste gráfico.

Segundo Pizzolatti (2008) os ácidos carboxílicos no estado sólido ou mesmo em solução apresentam-se na forma dimerica devido a formação de duas fortes ligações de hidrogênio intermolecular entre o grupo hidróxi de uma molécula com a carbonila de outra. O espectro de infravermelho representado pela figura 8(b) indica uma absorção forte em 1633 cm^{-1} juntamente com uma absorção bastante larga em 3340 cm^{-1} indicando um grupo ácido carboxílico.

A ligação de hidrogênio enfraquece a ligação O-H, portanto sua frequência de estiramento se desloca para valores menores. A influencia da ligação de hidrogênio pode ser observada em ácidos carboxílicos, diminuindo significativamente a frequência de estiramento do grupo carbonila, o que pode ser observado na banda 1633 cm^{-1} , devido a associação dimerica através de duas ligações de hidrogênio.

A Figura 8(c) representa a sobreposição de espectros de infravermelho do fluido magnético com a presença de ácido láurico em C1, e sem a presença de ácido láurico em C2. Neste pode-se observar que as bandas relacionadas às partículas de magnetita, quase não sofrem alteração, já as bandas relacionadas ao ácido láurico só estão presentes em C1, reforçando a possibilidade de o mesmo estar presente no fluido.

Figura 8(c): Espectro de absorção comparativo do fluido magnético. C1 corresponde ao espectro da amostra com ácido láurico. C2 corresponde ao espectro da amostra sem o ácido láurico.



Geralmente estruturas maiores que 20 nm de diâmetro deslocam a banda de absorção para comprimentos de onda

maiores que 530 nm, portanto, pode-se sugerir que as nanopartículas magnéticas presentes neste fluido magnético, são da ordem de no mínimo 20 nm de diâmetro, visto que a menor banda de absorção identificada pelo infravermelho corresponde à faixa de 599 cm^{-1} (ALVES, 2004).

Através deste espectro foi possível sugerir a presença de magnetita e ácido láurico no fluido magnético, contribuindo assim para uma grande possibilidade de ter ocorrido à funcionalização do ácido nas partículas indicando que o ácido pode estar ligado às partículas de magnetita. Outra evidência é que o fluido está hidrofílico em uma de suas fases, evidenciando a dupla camada.

4 Conclusão

Após desenvolvimento desta pesquisa experimental pode-se afirmar que os resultados esperados foram alcançados, portanto, a síntese das nanopartículas magnéticas possibilitou a preparação de fluido magnético estável, subsequentemente realizou-se caracterização por espectrofotometria de infravermelho, e existe a possibilidade de ter ocorrido a funcionalização do ácido láurico através das características apresentadas pelo espectro do fluido magnético.

A pesquisa apresenta algumas aplicações, dentre elas a utilização de fluidos magnéticos ou ferrofluidos como carreadores de fármacos, além de veículos que conduzem os mesmos a alvos específicos por meio de campo magnético externo, são também aplicados no processo de hipertermia, entre outros, o que demonstra a importância da nanotecnologia para construção de um futuro mais promissor, principalmente na área de medicamentos.

A pesquisa e os experimentos demonstram a viabilidade para outros estudos, visando à aplicação dos fluidos magnéticos à base de nanopartículas magnéticas, em diferentes áreas da ciência e tecnologia.

Referências

- ALVES, O.L. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. *Parc. Estratégicas*, n.18, 2004.
- CHAVES, S.B. *Efeitos biológicos de nanopartículas magnéticas recobertas por bicamada de ácido láurico: estudos in vitro e in vivo*. Tese (em Biologia) - Instituto de Biologia. Brasília, 2008.
- COSTA, T.P. et al. *Nanopartículas magnéticas de óxido de ferro: funcionalização de superfície com alcossilanos para controle de densidade de amina*. São Paulo: Instituto de Química. Departamento de físico Química, 2005.
- CUNHA, F.R. *Sobre a importância dos escoamentos de fluidos magnéticos para aplicações tecnológicas e biomédicas*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 58. 2006. Florianópolis, 2006.
- FABIAN, F.A. *Síntese e caracterização de nanopartículas de maguemita suspensas em NaOH à 10% e HCl*. Ji-Paraná: Programa de Educação Tutorial, 2009.
- GOMES, J.A. *Estudo das propriedades estruturais locais de fluidos magnéticos: da nanopartícula à dispersão*. Tese (Doutorado em Física) - Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

JACINTHO, G.V.M. *Síntese e caracterização de ferritas do tipo MFe_2O_4 ($M = Fe$ e Co) modificadas pela adsorção de ácidos graxos derivados de óleos vegetais*. Brasília: Instituto de Química, 2007.

KHALAFALLA, S.E; REIMERS G.W. Preparation of dilution-stable aqueous magnetic fluids. *IEEE Transactions on Magnetics*, v.16, n.2, 1980.

MEDIANO, J.L.A. Evaluación de nanopartículas de Poli (etil-2-cianoacrilato) com núcleo magnético como sistemas de liberación controlada del antineoplásico 5-Fluorouracilo. Tesis (Doctoral in Farmácia) - Departamento de Farmacia y Tecnología

Farmacéutica. Granada, 2003.

PAVON, L.F; OKAMOTO O.K. *Aplicações de recursos nanobiotecnológicos em câncer. revendo ciências básicas*. São Paulo, 2007.

SILVA, J.R. Nanopartículas magnéticas funcionalizadas com bicamadas de laurato/laurato e laurato/pluronic: Estudo da associação com anfotericina B. Instituto de Química – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2008.

PIZZOLATTI, M.G. *Textos curriculares de Análise Orgânica*. Santa Catarina. UFSC, 2008.