

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATERIAIS PARA  
ENGENHARIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Propriedades magnéticas e elétricas da Ferrita  
de  $\text{MgGa}_{(2-x)}\text{Fe}_x\text{O}_4$**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Materiais para Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Materiais para Engenharia*.

Autor: **Vander Alkmin dos Santos Ribeiro**

Orientador: **Prof. Dr. Manoel Ribeiro da Silva**

Co Orientador: **Prof. Dr. Demétrio Artur Werner Soares**

Curso: **Mestrado em Materiais para Engenharia**

Área de Concentração: **Cerâmicas**

Itajubá, Dezembro de 2005  
M.G. – Brasil

Ribeiro, Vander Alkmin dos Santos.  
S584C Propriedades magnéticas das ferritas de  $\text{MgGa}_{(2-x)}\text{Fe}_x\text{O}_4$ /  
Vander Alkmin dos Santos Ribeiro. – Itajubá: EFEI, 2005.

124P.

Dissertação (mestrado) - Escola Federal de Engenharia de  
Itajubá, 2005.

Orientador: Manoel Ribeiro da silva

1. Ferritas
2. Propriedades magnéticas
3. Materiais magnéticos
4. Semicondutores

I. Silva, Manoel Ribeiro da. II. Escola Federal de Engenharia de  
Itajubá III. Propriedades magnéticas das ferritas de  $\text{MgGa}_{(2-x)}\text{Fe}_x\text{O}_4$

CDD 658.5

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MATERIAIS PARA**  
**ENGENHARIA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Propriedades magnéticas e elétricas da Ferrita  
de  $\text{MgGa}_{(2-x)}\text{Fe}_x\text{O}_4$**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 07 de Dezembro de 2005, conferindo ao autor o título de *Mestre em Materiais para Engenharia*.

Autor: **Vander Alkmin dos Santos Ribeiro**

Orientador: **Prof. Dr. Manoel Ribeiro da Silva**

Co Orientador: **Prof. Dr. Demétrio Artur Werner Soares**

Composição da Banca Examinadora:

**Prof. Dr. Sergio Souto Maior Tavares - IEM/UFF**

**Prof. Dr. Álvaro Antonio Alencar de Queiroz- ICE/UNIFEI**

**Prof. Dr. Demétrio Artur Werner Soares - ICE/UNIFEI**

**Prof. Dr. Manoel Ribeiro da Silva - ICE/UNIFEI**

## **Dedicatória**

*Primeiramente, dedico este trabalho a Deus por tudo que tem feito na minha vida. Meu carinho e gratidão à minha família pelo apoio dado nestes dois anos e minha namorada Tatiana Suzan pelo incentivo dado a mim.*

## **Agradecimentos**

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Manoel Ribeiro da Silva, pela competência, dedicação, paciência e amizade.

Ao Prof. Dr. Demétrio Artur Werner Soares, pela colaboração e amizade.

Aos amigos pelo permanente incentivo, colaboração, amizade, momentos de lazer e inesquecível convívio profissional.

Ao Instituto de Ciências da Engenharia Mecânica da UNIFEI, representado pelos seus dedicados Professores e Funcionários, pela oportunidade que me concedeu na realização deste trabalho, e aos amigos desse Instituto, pelo convívio profissional.

À CAPES, através do Programa de bolsas, pelo apoio financeiro.

Aos meus pais, Manoel Alkmin e Loide Cláudia, que sempre me incentivaram na formação e no desenvolvimento cultural.

*Sonhe, busque e conquiste, só assim serás feliz na Vida.*

## Resumo

**Ribeiro, V. A. S. (2005)**, *Propriedades magnéticas e elétricas da ferrita de  $MgGa_{2-x}Fe_xO_4$* , Itajubá, 123p. Dissertação (Mestrado em Cerâmicas) - Instituto de Ciências, Universidade Federal de Itajubá.

As cerâmicas do tipo ferritas são materiais que apresentam características de condução elétrica e propriedades magnéticas importantes, tanto como materiais magnéticos duros, quanto de materiais magnéticos moles. As ferritas cúbicas do tipo espinélio são óxidos com fórmula química  $MFe_2O_4$ , onde M é um íon metálico divalente. Devido à característica do espinélio, diversas configurações magnéticas podem ser obtidas, dependendo da taxa de ocupação do íon magnético (em geral ferro) em cada sub-rede. As ferritas diluídas possuem estequiometria dada por:  $MD_{2-x}Fe_xO_4$ , onde M e D são íons diamagnéticos, D o íon de dopagem substitucional e x é a concentração de íons de ferro ( $0,002 \leq x \leq 0,350$ ). As amostras foram preparadas por reação do estado sólido e depois foram submetidas a uma caracterização magnética, difração de raio-x e elétrica. Os resultados da caracterização magnética foram obtidos por um magnetômetro de amostra vibrante (VSM) EG&G-Princeton Applied Research, modelo 4500; a caracterização por raio x foi utilizado um difratômetro universal de raio x, modelo URD 65; da Seifert & Com. As medidas elétricas DC foram realizadas com a utilização de uma unidade fonte medidora de alta tensão – Keithley, modelo 237, onde a tensão aplicada nas amostras variava de 0 a 40 V, a altas temperaturas. Dois tipos de contatos foram utilizados: o arranjo tipo “sanduíche”, sendo o eletrodo inferior a própria porta-amostra, e o eletrodo superior com geometria anelar e um filme de prata foi colocado em ambas as faces das amostras para ocorrer um bom contato ôhmico. As medidas magnéticas confirmam suas características de ferritas e nas medidas elétricas, a condutividade elétrica indicou comportamento de um semicondutor a altas temperaturas e o processo de condução elétrica apresentou ser termicamente ativada

### ***Palavra chave:***

Ferritas, materiais magnéticos, semicondutores, condutividade elétrica.

## Abstract

**Ribeiro, V. A. S. (2005)**, *Electrical and magnetic Properties of  $MgGa_{2-x}Fe_xO_4$  Ferrite*, Itajubá, 123p. Dissertação (Mestrado em Cerâmicas) - Instituto de Ciências, Universidade Federal de Itajubá.

The ceramics of the type ferrites are materials that present important characteristics of electrical conduction and magnetic properties, as much as material magnetic hard, how much of soft magnetic materials. The cubics ferrites of the espinel structure are oxides with chemical formula  $MFe_2O_4$ , where M is a divalent metallic ion. Due to characteristic of the espinel, diverse magnetic configurations are a gotten, depending on the occupation tax of the magnetic ion (in general iron) in each sublattice. The diluted ferrites possess general formula given for:  $MD_{2-x}Fe_xO_4$ , where M and D are diamagnetics ions, being D the ion of substitution doping and x is the concentration of ions of iron ( $0,002 \leq x \leq 0,350$ ). The sample was prepared using ceramics techniques in reaction of solid state and later they were submitted to a magnetic characterization, electric and X-ray diffraction. The results of the magnetic characterization were gotten by a magnetometer of vibrant sample (VSM) EG&G-Princeton Applied Research, model 4500; the characterization for X-ray was used one X-ray diffractometer, model URD 65; of the Seifert & with. Electrical measurements DC were carried through with the use of a unit high-voltage measuring source - Keithley, model 237, where the voltage applied in the samples varied of 0–40 V, the high temperatures. Two types of contacts were used: the arrangement type "sandwich", being the inferior electrode the proper door-sample, and the superior electrode with ring geometry and a silver was pasted on both sides of the samples to ensure good electrical contact. The magnetic measurements confirm its ferrite characteristics and in the electrical measurements, the electrical conductivity indicated behavior of a semiconductor the high temperatures and the process of electrical conduction termically presented to be activated

### **Keywords:**

Ferrites, magnetics materials, semiconductors, electrical conductivity.