

## ESTUDO DA IRREVERSIBILIDADE MAGNÉTICA EM AMOSTRAS SUPERCONDUTORAS DE $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ COM ADIÇÃO DA FASE $Y211$

CRISTIANO GONÇALVES PORTO<sup>1</sup>; FRANCINE DO COUTO LIMA<sup>2</sup>; SANDRO DOS SANTOS VIANA<sup>2</sup>; JORGE LUIZ PIMENTEL JR<sup>2</sup>; FÁBIO TEIXEIRA DIAS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – cgporto13@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – francinectlm@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – sandrosviana@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Rio Grande – jlpimenteljr@gmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – diasft@gmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

Supercondutores de alta temperatura crítica tem sido um campo abrangente no estudo da física desde sua descoberta em 1986 onde foi observado por Karl Alex Muller e Georg Bednorz. Os supercondutores de alta temperatura crítica atingem o estado supercondutor com mais facilidade que o supercondutor de primeira geração e apresenta o estado misto onde o campo magnético penetra parcialmente em formas de vórtice na amostra sem afetar as características do supercondutor. O objetivo deste trabalho é estudar as propriedades magnéticas e estruturais do supercondutor  $YBa_2Cu_3O_7$  com a adição da  $Y_2BaCuO_5$  (fase verde), com ênfase na investigação da irreversibilidade magnética.

### 2. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi confeccionada uma amostra supercondutora de  $YBa_2Cu_3O_7$  com a adição da  $Y_2BaCuO_5$  (fase verde) na forma de pastilha cerâmica. Para fazer a amostra foram usados pós de alta pureza de  $YBa_2Cu_3O_7$ , cerio e  $Y_2BaCuO_5$ . Utilizando a balança de precisão foram medidos os pós de maneira que a amostra totalize 0,77g sendo 69%  $YBa_2Cu_3O_7$  30%  $Y_2BaCuO_5$  e 1% Oxido de cerio. Para uma mistura homogênea foi usado um almofariz de ágata, onde os pós foram macerados por 30 minutos, seguidos por uma calcinação com temperatura de 950°C.

Para moldar o pó em forma de pastilha foi utilizada uma prensa hidráulica com cargas de 3, 2 e 1 toneladas resultando em uma pastilha de 1cm de diâmetro.

O processo de crescimento foi feito com base no tratamento térmico, utilizando um forno tipo mufla com um controlador Eurotherm. O processo de crescimento levou aproximadamente 130h. Foi empregada a técnica da semente com o objetivo de texturizar a amostra, o que consiste em um tratamento térmico onde ocorre a fusão do material e sua estrutura “copia” a estrutura do monocrystal utilizado como semente, ordenando-se cristalográficamente.

As medidas magnéticas foram feitas em colaboração com o Instituto de Física da UFRGS, com um magnetômetro do tipo SQUID, através dos protocolos FC e ZFC. O protocolo FC (field cooled) consiste em medir o momento magnético enquanto baixa-se a temperatura com campo magnético aplicado na amostra. O protocolo ZFC (zero field cooled) consiste em medir o momento magnético baixando-se a temperatura da amostra em campo nulo com a consequente aplicação do mesmo. Utilizando o programa Qtiplot foi possível analisar os dados obtidos pelas medidas magnéticas em gráficos de FC e ZFC (Figura 1) para diferentes campos magnéticos. Através do programa interpolamos as linhas FC e

ZFC e após subtraímos a FC da ZFC (Figura 2) para que com isso seja possível verificar com precisão o ponto em que as curvas FC e ZFC se separam.

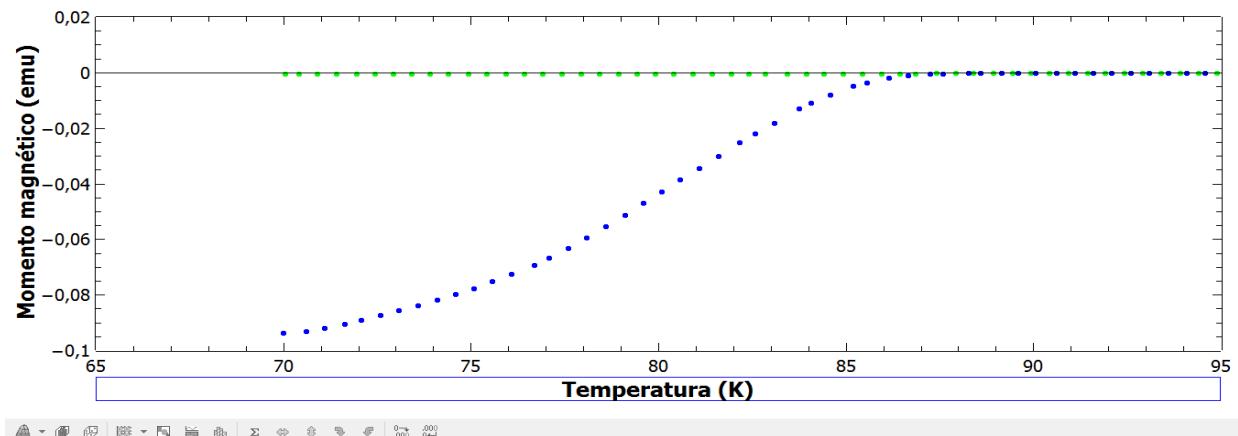


Figura 1: Gráfico do protocolo FC e ZFC com campo de 500 Oe paralelo ao eixo C.

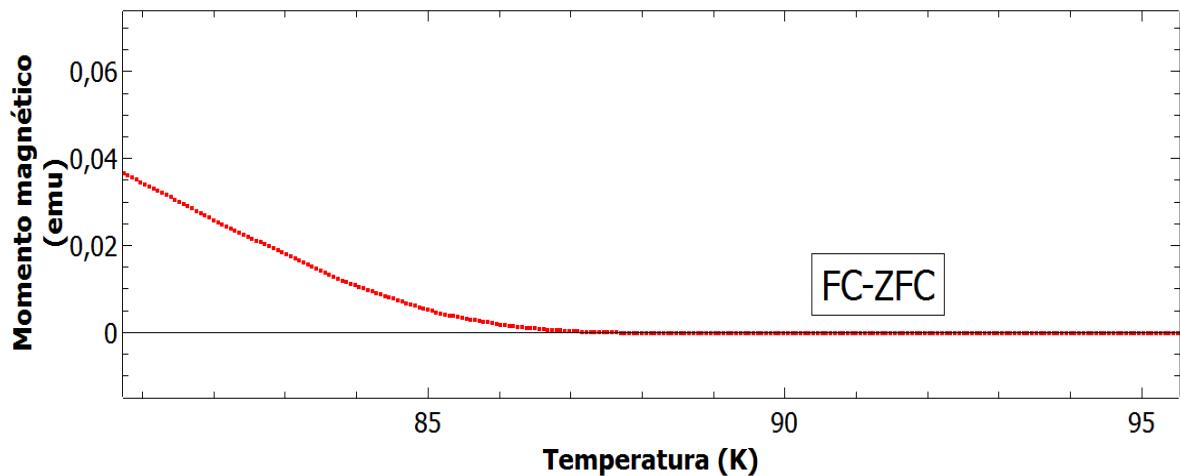


Figura 2: Subtração entre o gráfico da FC e ZFC com campo de 500 Oe paralelo ao eixo C.

Para as medidas de microscopia eletrônica de varredura (MEV), contamos com o apoio do Centro de Microscopia Eletrônica do Sul (CEME-Sul), localizado na Universidade Federal do Rio Grande, através de um microscópio eletrônico utilizado é da marca Jeol modelo JSM-6610LV.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de melhorar as propriedades supercondutoras da amostra foram adicionados óxido de cério e a fase verde. O cério tem a função de aumentar a viscosidade do líquido durante a fusão, enquanto que a fase verde não apresenta características supercondutoras, porém serve para aprisionar os vórtices existentes em supercondutores de alta temperatura crítica, melhorando suas propriedades magnéticas.

A Figura 3 (a) e (b) gerada por microscopia eletrônica evidenciam o resultado de uma texturização parcial da amostra, onde se observa que o material passou pelo seu ponto de fusão, gerando uma boa conectividade entre os grãos supercondutores, superior ao obtido por sinterização convencional. Nota-se que a

fase verde está bem distribuída, o que implica em uma possível otimização do aprisionamento de vórtices na amostra.

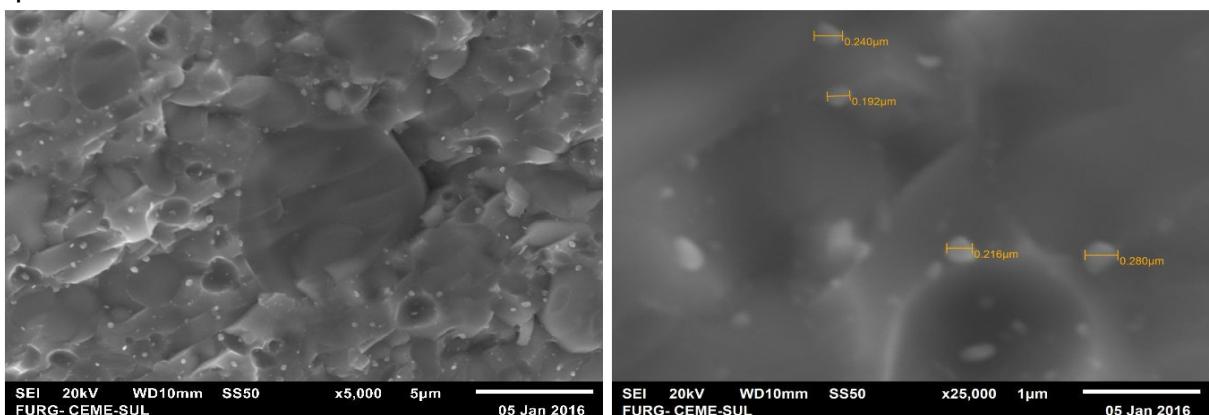


Figura 1: (a) imagem da esquerda, microscopia eletrônica zoom em 5000; (b) imagem da direita, microscopia eletrônica zoom de 25000.

Analisando os gráficos de FC e ZFC é possível observar o comportamento de blindagem magnética, assim como o efeito de expulsão do fluxo magnético (efeito Meissner). A partir dos gráficos para cada campo podemos extrair a temperatura de irreversibilidade magnética ( $T_{irr}$ ), que é o ponto em que as curvas de FC e ZFC se separam. Com isso temos a formação da linha de irreversibilidade magnética observada na Figura 4, que separa o estado onde os vórtices estão aprisionados do estado em que os mesmos estão em movimento. A consequência dos vórtices estarem em movimento é a resistência à passagem de corrente, o que não é desejado em um supercondutor.

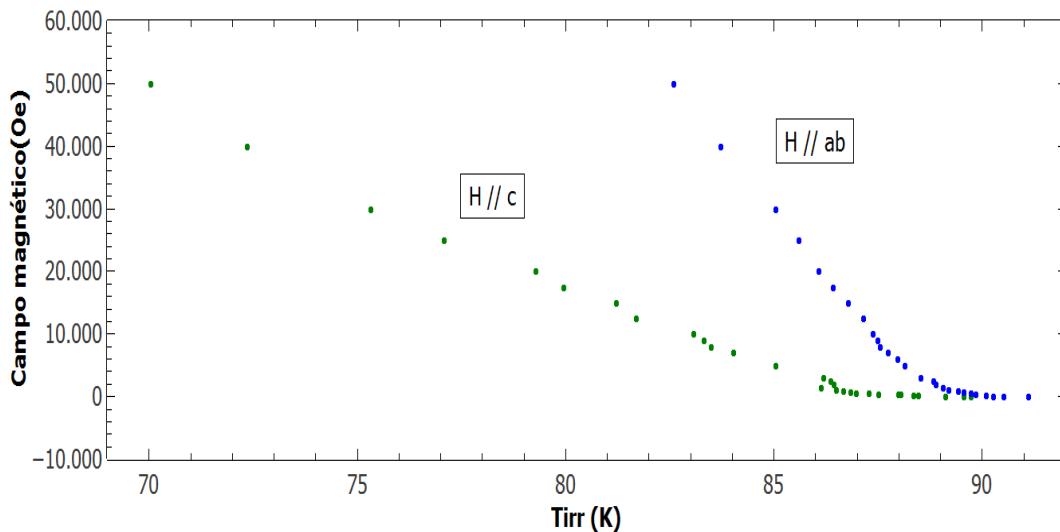


Figura 4: Linha de irreversibilidade magnética.

#### 4. CONCLUSÕES

Os valores das temperaturas de irreversibilidade magnética apresentaram-se elevados quando comparados com resultados de amostras sinterizadas, e com uma relevante anisotropia, o que é um indício de alinhamento dos grãos supercondutores. O fato da linha de irreversibilidade magnética para  $H \parallel ab$  possuir temperaturas superiores a  $H \parallel c$  é um bom indicativo deste alinhamento cristalográfico, embora parcial. Contudo esta anisotropia também é observada em

resultados da literatura. Como perspectiva futura para este trabalho, um aperfeiçoamento da técnica de crescimento se faz necessária para a obtenção de uma texturização numa região maior da amostra, com vistas a uma melhoria de suas propriedades magnéticas e consequentemente na obtenção de valores ainda mais elevados para a linha de irreversibilidade magnética.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PUREUR, P.; OSTERMANN, F. **Supercondutividade**. Brasil: Editora Livraria da Física, 2005.

NUNES, S.E. **Correlação entre irreversibilidade magnética e a resistência nula em supercondutores de  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$** . 2013. Dissertação (Mestrado em Física). Programa de Pós-graduação em física, Universidade Federal de Pelotas.

Bednorz J. G.; Muller, K. A. Possible High Tc Superconductivity in the Ba-La-Cu-O System. **Z. Phys. B – Condensed Matter**, IBM Zurich Researche Laboratory, Ruschlikon, Switzerland. 64, 189 - 193, 1986.