

## DENSIDADE DE CORRENTE CRÍTICA NO SUPERCONDUTOR MONOCRISTALINO $\text{YBa}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

**LOPES, Rován Fernandes<sup>1</sup>; MENDONÇA, Ana Paula Aguiar<sup>2</sup>; DIAS, Fábio  
Teixeira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas, rovanfl@gmail.com*

**VIEIRA, Valdemar das Neves<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas*

### 1 INTRODUÇÃO

As duas propriedades essenciais que tornam os materiais supercondutores atraentes para aplicações tecnológicas em larga escala são: a resistência elétrica nula, que proporciona baixo consumo de energia, e o transporte de elevados valores de densidade de corrente crítica,  $J_c(H, T)$ , na presença de um campo magnético  $H$  a uma temperatura fixa  $T$ , que proporciona a produção de equipamentos mais compactos e eficientes. A realização de substituições químicas na estrutura cristalina de materiais supercondutores é um dos artifícios empregados com o objetivo de promover a elevação do valor de  $J_c(H, T)$  nestes materiais.<sup>[1]</sup> De acordo com essa premissa, o presente trabalho tem por objetivo analisar o comportamento de  $J_c(H, T)$  no supercondutor  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  quando o sítio do Ba é parcialmente substituído por átomos de Sr.

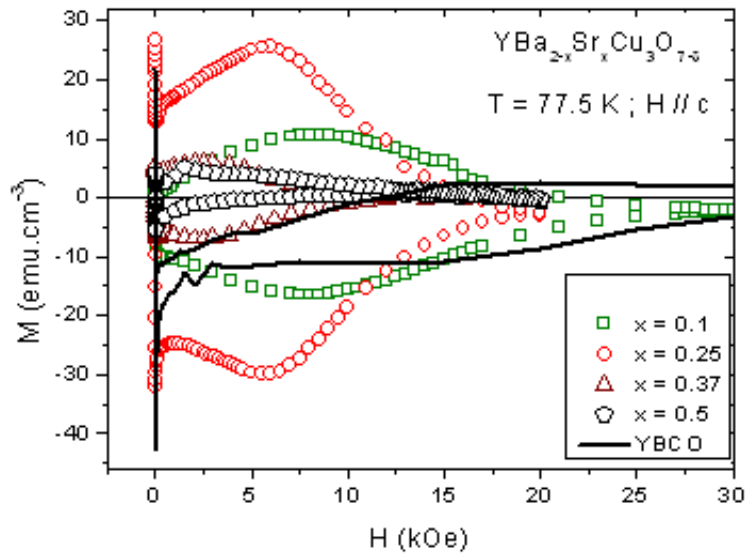
### 2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

Foram crescidas, segundo a técnica de auto-fluxo.<sup>[2]</sup> amostras monocristalinas de  $\text{YBa}_{2-x}\text{Sr}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  ( $x = 0; 0.1; 0.25; 0.37$  e  $0.5$ ), onde  $x$  está relacionado com as concentrações de (0%; 5%; 12.5%; 18,5% e 25%) de Sr respectivamente. Essas amostras foram analisadas por meio de difração de raios-x que detectou a ausência de fases espúrias à de Y123, e microscopia de luz polarizada que mostrou um aumento significativo no número de maclas, imperfeições, comparadas com a amostra pura ( $x=0$ ).

As propriedades magnéticas das amostras foram caracterizadas por meio de medidas de magnetização ( $M$ ) DC, em função do campo magnético e temperatura, realizadas com o auxílio de um magnetômetro SQUID, marca Quantum Design, dimensionado para aplicar campos magnéticos de até 50 kOe e variar a temperatura entre 1,6 e 400 K. O procedimento experimental adotado para a determinação do comportamento de  $J_c(H, T)$  foi o de medir a histerese magnética ( $M-H$ ). Neste procedimento, as amostras foram resfriadas na ausência de campo magnético partindo de temperaturas superiores a da sua temperatura crítica de transição  $T_C$  até atingir a temperatura de 77,5 K (ponto de liquefação do nitrogênio). A partir daí o campo magnético  $H$ , aplicado ao longo do eixo cristalográfico  $c$  dos monocristais, foi ciclado entre 0 e 50 kOe e a magnetização DC das amostras foi registrada à medida em que transcorresse a ciclagem de campo.<sup>[3,4]</sup>

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 1 apresentamos os resultados provenientes das medidas de  $M-H$  descritas no item anterior. Note que a linha sólida representa o resultado do monocristal puro (YBCO).



**Figura 1:** Resultados de  $M-H$  para monocristais de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  quando  $H // c$ .

Na figura 1 quando comparamos os resultados de  $M-H$  dos monocristais dopados com o do monocristal puro percebemos que o alargamento do ciclo de histerese magnética nos monocristais dopados ocorre até  $x = 0.37$  sendo que para  $x = 0.1$  e  $0.25$  este é superior ao observado na amostra pura. Acreditamos que este alargamento do ciclo de  $M-H$  deve-se essencialmente às substituições químicas e que a sua proeminência em algumas das amostras dopadas está relacionada a uma maior efetividade por parte dos mecanismos de aprisionamento de fluxo magnético. Efetividade essa que é proporcional ao aumento da magnitude de  $J_c(H, T)$  transportada não dissipativamente por estes materiais.<sup>[1,3,4]</sup>

Na figura 2 apresentamos os resultados de  $J_c(H, T)$  das amostras dopadas e pura. A magnitude de  $J_c(H, T)$  foi determinada a partir da aplicação do modelo de Bean.<sup>[2,3]</sup> Este, essencialmente, relaciona  $J_c(H, T)$  a razão entre a largura dos ciclos de  $M-H$  e o fator geométrico da amostra dependente da direção de campo magnético empregado. Note que de acordo com a figura 2, os valores de  $J_c(H, T)$  em  $T = 77,5$  K obtidos para  $x = 0.1$  e  $0.25$  são superiores aos da amostra de YBCO até o limite de 17 kOe, valor de campo aplicado onde é observado o máximo de  $J_c(H, T)$  para o  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . Por outro lado, estes valores decrescem rapidamente em função do campo aplicado quando  $x = 0.37$  e é inexistente quando  $x = 0.5$ .

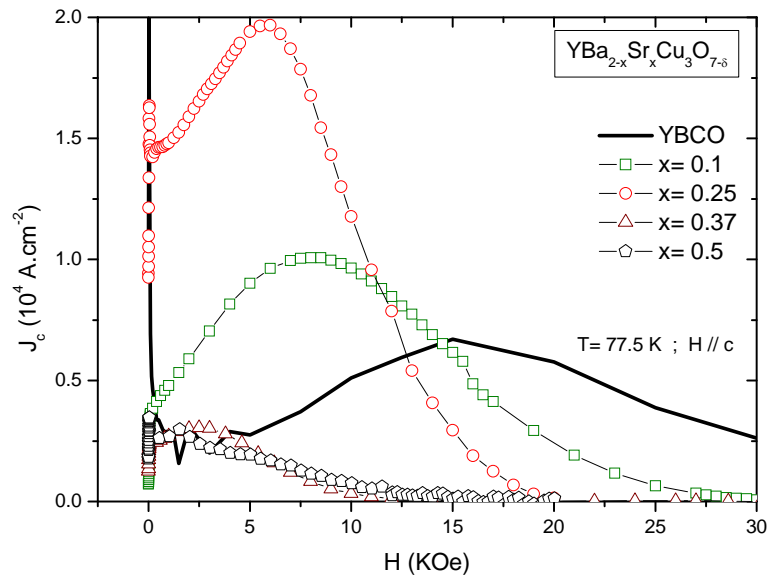


Figura 2: O comportamento de  $J_c(H)$ , em  $T=77,5K$ , para as amostras de  $YBa_{2-x}Sr_xCu_3O_{7-\delta}$ .

#### 4 CONCLUSÕES

Resultados experimentais provenientes de medidas de  $M-H$  realizados nas proximidades da temperatura de liquefação do nitrogênio em uma série de monocristais supercondutores de  $YBa_{2-x}Sr_xCu_3O_{7-\delta}$  ( $x = 0; 0.1; 0.25; 0.37$  e  $0.5$ ) revelaram que a substituição parcial do sítio do Ba por átomos de Sr para as concentrações  $x = 0.1$  (5%) e  $0.25$  (12,5%) resultou na elevação significativa dos valores de  $J_c(H)$  transportados pelo supercondutor  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ . Particularmente, o valor máximo atingido  $2.10^4 A.cm^{-2}$  (para  $x = 0.25$ ) é aproximadamente seis vezes maior que o transportado pela amostra pura nas mesmas condições. Por outro lado, para as concentrações  $x = 0.37$  e  $0.5$  foi observado que os valores de  $J_c(H)$  apresentaram-se com sendo da mesma ordem ou inferiores aos transportados pelo supercondutor puro. Desta forma, concluímos que os valores de  $J_c(H)$  transportados pelo supercondutor  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  podem ser elevados com a substituição de até 12,5 % do sítio do Ba por Sr.<sup>[1]</sup> Sugerimos que a dopagem com átomos de Sr é responsável pela maximização dos mecanismos de aprisionamento de fluxo de nossas amostras, fato ressaltado pelo observação do alargamento do ciclos de histerese magnética.<sup>[1,3]</sup>

#### 5 REFERÊNCIAS

[1] SAITO, K.; NISSEN, H. U.; BEELI, C.; WOLF, T.; SCHAUER, KÜPFER, H. Influence of Sr doping on twin-wall structure and flux pinning of  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  single crystals. **Physical Review B**, v. 58, n. 10, p. 6645 – 6649, 1998.

[2] VIEIRA, V. N.; SCHAF, J. Influence of Sr doping on the second magnetization peak and the critical current density of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  single crystals. **Physica C**, v. 408, n. 2, p. 533 – 534, 2004.

[3] CIVALE, L.; MCELFRISH, M. V.; MARWICK, A. D.; HOLTZBERG, F.; FIELD, C.; THOMPSON, J. R.; CHRISTEN, D. K. Scaling of the hysteretic behavior in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  single crystals. **Physical Review B**, v. 43, n. 16, p.13732 – 13735, 1991.

[4] MASUI, T.; TAKANO, Y.; YOSHIDA, K.; KAJITA, K.; TAJIMA, S. The effect of Zn-substitution and carrier doping on vortex pinning in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  single crystals. **Physica C**, v. 412, n. 2, p.515 – 520, 2004.

## 7 AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS)

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Instituto de Física da UFRGS (IF-UFRGS)