

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

**LOPES, Rován Fernandes¹; MENDONÇA, Ana Paula Aguiar²; DIAS, Fábio
Teixeira²**

¹*Universidade Federal de Pelotas, rovanfl@gmail.com*

VIEIRA, Valdemar das Neves²

²*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.^[1] 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.^[2] 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.^[3,4]

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).

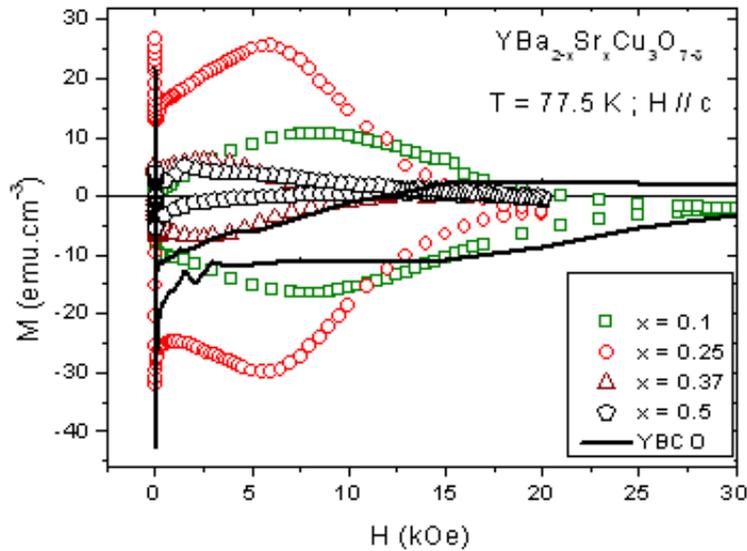


Figura 1: Resultados de $M-H$ para monocristais de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ quando $H // c$.

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.^[1,3,4]

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.^[2,3] 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 $x = 0.5$.

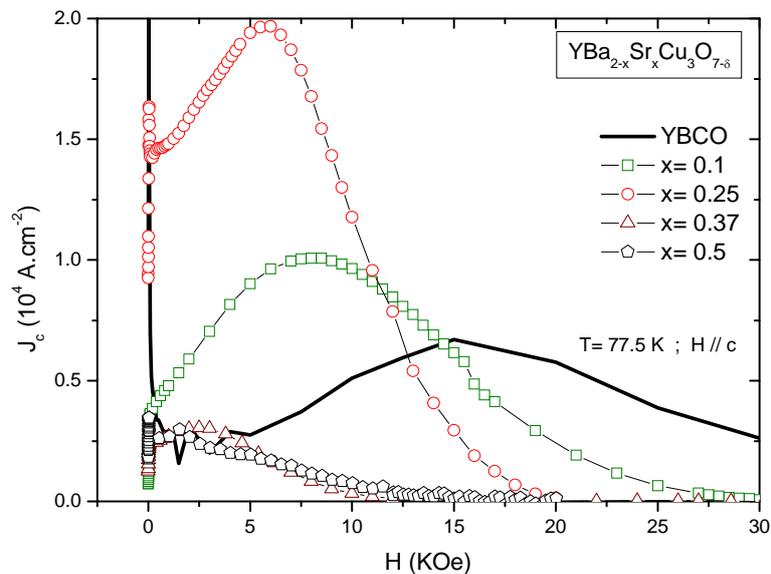


Figura 2: O comportamento de $J_c(H)$, em $T=77,5K$, para as amostras de $YBa_{2-x}Sr_xCu_3O_{7-\delta}$.

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.^[1] 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.^[1,3]

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)