

CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES ELÉTRICAS DO $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ EM CONDIÇÕES DE PRESSÃO EXTERNA APLICADA

NUNES, Sabrina Esperança^[1], LOPES, Lutiene Fernandes^[2] e JAECKEL, Sandra Teixeira^[2]

Universidade Federal de Pelotas. *sabrina_nunes19@hotmail.com*

FERREIRA, Letície Mendonça^[2]

Universidade Federal de Pelotas

1 INTRODUÇÃO

Os materiais supercondutores se caracterizam por apresentar duas propriedades básicas: resistividade nula abaixo de uma temperatura crítica T_c e o efeito Meissner, ou seja, a expulsão do fluxo magnético do interior do supercondutor quando aplicado um campo inferior ao campo crítico H_c .

Assim como a temperatura, a pressão é um parâmetro muito importante no estudo da supercondutividade. Com a técnica de altas pressões é possível a síntese de novos materiais supercondutores que não são obtidos em condições normais de pressão. A pressão também afeta fortemente o estado supercondutor, como ilustra a figura 1.

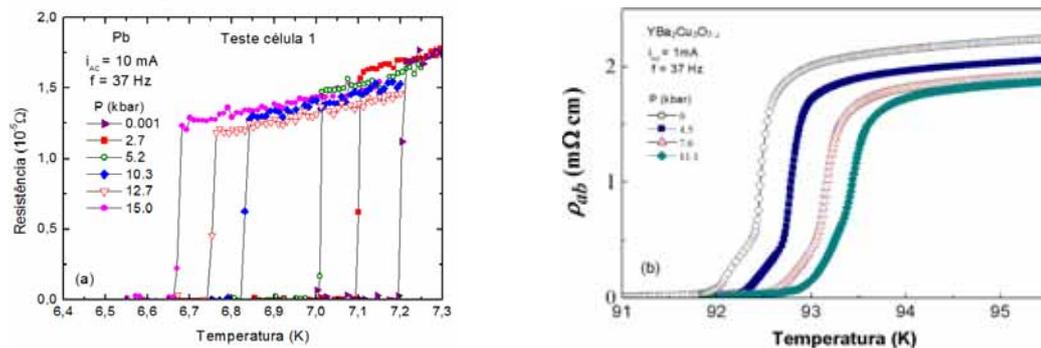


Figura 1: Evolução da transição supercondutora (a) do Pb e (b) do $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ em função do aumento da pressão externa.

As curvas da figura acima representam o comportamento resistivo de amostras supercondutoras sob condições de pressão aplicada. No caso de um supercondutor convencional como o Pb (painel a), a aplicação de pressão afeta o estado supercondutor diminuindo sua temperatura crítica de transição conforme o aumento da pressão. O painel b apresenta o comportamento de um supercondutor não-convencional, onde a pressão afeta o estado supercondutor fazendo com que a temperatura crítica aumente quando pressão é aplicada.

O presente trabalho tem como objetivos: (i) desenvolver e testar uma célula de pressão hidrostática a ser utilizada na caracterização das propriedades elétricas de materiais supercondutores não-convencionais; (ii) selecionar amostras monocristalinas de cupratos supercondutores de alta temperatura crítica a serem investigadas sob pressão.

2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

Para o desenvolvimento da técnica, foi feita a usinagem e montagem de uma célula de pressão tipo pistão-cilindro que suporta pressões hidrostáticas de até

12 kbar (1.2 GPa). Esta é facilmente adaptada a diferentes criostatos (sistema que emprega líquidos criogênicos para atingir temperaturas $T < 300\text{K}$).

A célula é feita de Cu-Be (98% de Cu e 2% de Be) e é constituída pelos seguintes componentes (figura 2).



Figura 2: Imagem da célula de pressão^[2].

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Parafuso superior (Cu-Be); | 5. Anel antiextrusão (Cu-Be); |
| 2. Pistão externo (Aço D6); | 6. Cápsula de Teflon |
| 3. Pistão interno móvel (Tungstênio); | 7. Plug (Cu-Be); |
| 4. Corpo da célula (Cu-Be); | 8. Pistão interno fixo (Tungstênio); |
| | 9. Parafuso inferior (Cu-Be). |

Para que não ocorra deformação de alguns componentes de Cu-Be da célula, é realizado um tratamento térmico dos componentes 1, 4, 7 e 9, o qual consiste em mantê-los a 300°C por aproximadamente 20 minutos.

O componente 7 (plug) é por onde se passa a fiação elétrica que ficará no interior da capsula de teflon. Fios de cobre (AWG 41) são enrolados e fixados ao plug com cola stycast FT2850 (96,5% epóxi e 3,5% do liquido catalisador). O orifício deve ser completamente obstruído pela cola para que não ocorra vazamento do liquido transmissor de pressão (figura 3).

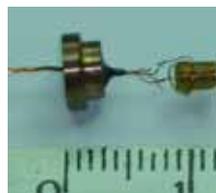


Figura 3: Plug com a fiação elétrica e o rolamento de manganina.

Antes de iniciar o processo de medidas elétricas em amostra supercondutoras é preciso verificar se a célula está funcionando bem. Para isso, é feito um rolamento de fio de manganina e este é fixado ao plug com a fiação (vide figura 3). O sistema é posto dentro da cápsula de teflon juntamente com o liquido transmissor de pressão (Fluorinert – FC 75). A cápsula é posicionada no interior do corpo da célula juntamente com os outros componentes. Após, a célula é colocada em uma prensa hidráulica onde uma pressão externa é aplicada ao pistão externo da célula.

Uma corrente constante i igual a 10 mA foi aplicada à manganina e a voltagem induzida V foi medida para diferentes valores de pressão externa aplicada. A resistência elétrica da manganina a uma dada pressão é então determinada a partir da equação (1).

$$R = \frac{V}{i} \quad (1)$$

Para obter-se a pressão no interior da cápsula de teflon foi utilizada a relação (2)^[3].

$$\frac{\Delta R}{R} = 2.51 \times 10^{-3} \text{ GPa}^{-1} \quad (2)$$

O segundo passo deste estudo consistiu em realizar uma seleção preliminar das amostras a serem investigadas posteriormente sob pressão. Para tanto, foram realizadas medidas de resistividade elétrica em função da temperatura à pressão ambiente de uma série de monocristais de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. As amostras foram medidas em um equipamento PPMS (Quantum Design) pela técnica de quatro pontas^[1]. Para a preparação dos contatos elétricos, quatro listras de cola prata são feitas sobre a superfície da amostra. A amostra é então colocada no forno a 300°C por aproximadamente uma hora. Sobre essas listras são fixados, com cola prata, quatro fios de platina. Para melhor aderência da cola, coloca-se o sistema no forno por mais uma hora. Os contatos 1 e 4 servem para a passagem da corrente elétrica e 2 e 3 para verificar a diferença de potencial (figura 4).

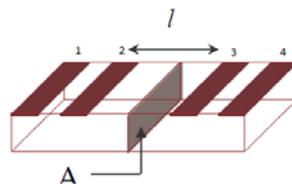


Figura 4: técnica das quatro pontas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

(i) Teste da célula de pressão.

O gráfico da figura 5 representa o comportamento da pressão no interior da cápsula de teflon. Como pode se notar, ocorreu um crescimento linear da pressão em relação à resistência da manganina, conforme esperado. Durante o experimento, não ocorreu vazamento do líquido transmissor de pressão do interior da cápsula. Após relaxada a pressão, verificou-se que os componentes tratados termicamente não sofreram deformação, o qual atesta o bom funcionamento da célula.

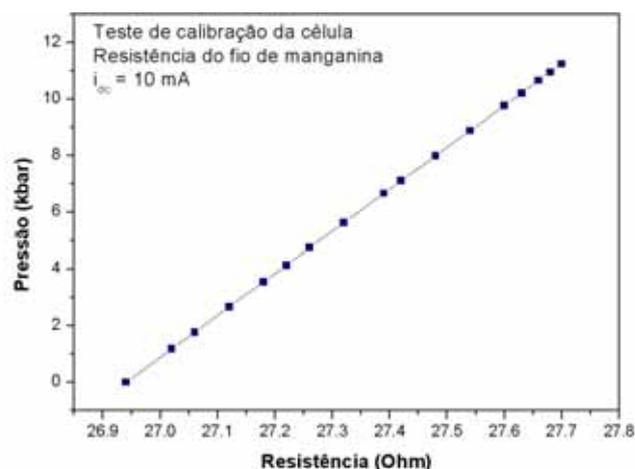


Figura 5: gráfico referente ao teste da célula de pressão hidrostática.

(ii) Seleção de amostras monocristalinas.

A figura 6 mostra o comportamento elétrico representativo de um monocristal de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Esta medida foi feita a campo magnético nulo e variando a temperatura. O gráfico mostra que a uma temperatura crítica $T_c = 93\text{K}$ a

amostra se torna supercondutora. Além da elevada temperatura crítica, o material apresenta uma estreita transição ao estado supercondutor, indicativos da alta qualidade do material.

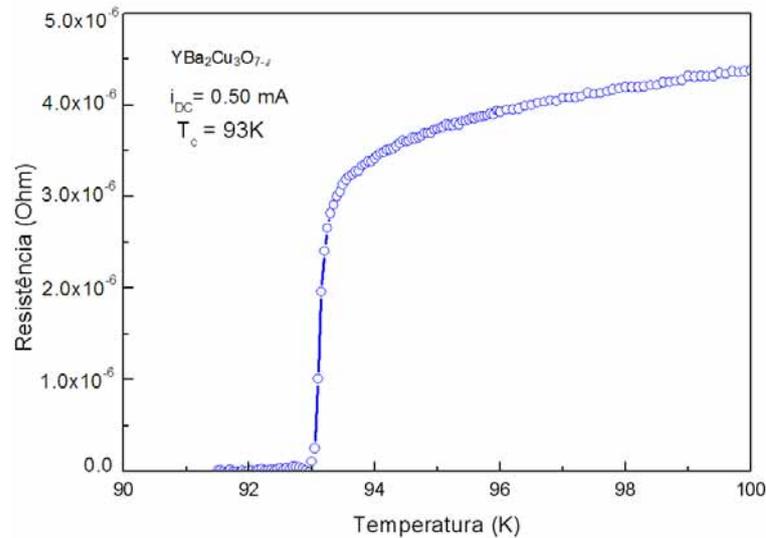


Figura 6: Comportamento elétrico de um monocristal de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

4 CONCLUSÕES

Foi desenvolvida uma célula de pressão hidrostática a ser utilizada no estudo das propriedades elétricas de supercondutores não-convencionais. Os testes realizados mostraram que a célula é capaz de atingir e manter valores de pressão da ordem de 12 kbar sem que ocorra deformação de seus componentes. Com a montagem e teste da célula de pressão e seleção do monocristal de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, o próximo passo da pesquisa será caracterizar a evolução da resistividade elétrica na fase normal e supercondutora deste composto com o aumento da pressão.

5 REFERÊNCIAS

- [1] FERREIRA, Letície Mendonça. *Efeitos de pressão nas flutuações termodinâmicas da condutividade elétrica de supercondutores de alta temperatura crítica*. 2003. Doutorado em ciências–Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS, 16 de janeiro de 2004.
- [2] THOMPSON, J. D. Low-temperature pressure variations in a self-clamping pressure cell. *The Review of Scientific Instruments*, v.55, n. 2, p. 231 – 234, 1984;
- [3] JAYARAMAN, A. HUTSON, A. R. McFEE, J. H. CORIELL, A. S. AND MAINES, R. G. Hydrostatic and Uniaxial Pressure Generation using Teflon Cell Container in conventional Piston-Cylinder Device. *The Review of Scientific Instruments*, v. 38, n. 1, p. 44 - 49, 1967;

6 AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;

Laboratório de Resistividade do IF – UFRGS.