

**CORRELAÇÃO ENTRE IRREVERSIBILIDADE MAGNÉTICA E
 RESISTÊNCIA NULA NO COMPOSTO SUPERCONDUTOR $Y_{0.9}Ca_{0.1}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$.**

MACEDO, Daniela Goetzke¹, LOPES, Rovann Fernandes¹, MENDONÇA, Ana Paula Aguiar¹, MENARÉ, Luiz Rafael Kruger¹, DIAS, Fábio Teixeira¹, PUREUR, Paulo², SCHAFF, Jacob², VIEIRA, Valdemar das Neves¹.

¹ Instituto de Física e Matemática, Universidade Federal de Pelotas, ² Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, danielagmacedo@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho apresentamos resultados experimentais provenientes da realização de medidas de magnetização DC e magnetoresistência elétrica AC em uma amostra monocristalina de $Y_{0.9}Ca_{0.1}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ com o propósito de estudar como a substituição parcial de 10% do Y por Ca afeta a correlação entre as temperaturas de irreversibilidade magnética, $T_{irr}(H)$ e de resistência nula, $T_R(H)$ ao longo do diagrama $H-T$ no supercondutor $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. A realização do trabalho ocorreu nos Laboratórios de Materiais Supercondutores (LMS), da UFPEL e Supercondutividade e Magnetismo (LSM), da UFRGS.

2 METODOLOGIA

2.1 PRODUÇÕES DE MONOCRISTAIS

O monocristal de $Y_{0.9}Ca_{0.1}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ [Y(Ca)BCO] foi crescido no LMS da UFPEL com o emprego da técnica de auto-fluxo¹. A estequiometria adequada empregada no crescimento do monocristal foi a: $Y_{0.9}Ca_{0.1}Ba_4Cu_{10}$ onde os elementos Ba e Cu foram empregados em excesso com o propósito de atuarem como solventes durante as etapas de nucleação e crescimento dos monocristais. Os reagentes precursores de alta pureza (99,999%) foram pesados de acordo com a estequiometria exigida e logo após foram misturados e macerados até formarem uma mistura aparentemente homogênea. Esta mistura foi acondicionada num cadinho de zircônia sendo então levada ao interior de um forno mufla onde foi submetida a um ciclo térmico apropriado.

Os monocristais crescidos após o processo anterior foram submetidos a um processo de oxigenação por fluxo em 450°C com o objetivo de aprimorar a sua temperatura crítica de transição, T_C .

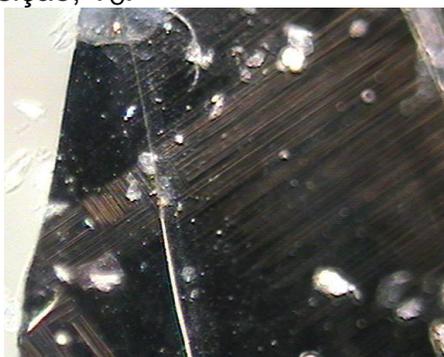


Figura 1: Imagem de MLP da superfície do monocristal onde a existência de maclas é verificada.

A estrutura do monocristal selecionado foi analisada pela difração de raios-X (RX) e por microscopia de luz polarizada (MLP).

Na Fig.1 apresenta-se uma imagem do plano do monocristal através do emprego da MLP. Percebe-se a formação de uma região “estriada” direcionada aproximadamente ao longo da direção diagonal ao plano do monocristal. Esta “estria” recebe a denominação de macla e atua como um defeito estrutural na estrutura do monocristal sendo a supercondutividade suprimida nesta região.

2.2 MEDIDAS DE MAGNETIZAÇÃO DC E MAGNETORESISTÊNCIA AC

As medidas de magnetização e magnetoresistência elétrica empregadas na obtenção de $T_{irr}(H)$ e $T_R(H)$, respectivamente, foram ambas realizadas em parceria com pesquisadores do LSM do IF da UFRGS. Nestas medidas, campos magnéticos de até 1kOe foram aplicados ao longo do eixo cristalográfico c do monocristal ($H // c$).

As medidas de magnetização DC utilizadas para a determinação de $T_{irr}(H)$ foram obtidas com o auxílio de um magnetômetro SQUID onde o comportamento da magnetização em função da temperatura foi registrado a partir da adoção dos procedimentos experimentais “zero field cooled” $[M_{ZFC}(T)]^2$ e “field cooling cooled” $[M_{FCC}(T)]^2$. A Fig.2 principal ilustra $M_{FCC}(T)$ e $M_{ZFC}(T)$ registrados para $H = 1kOe$.

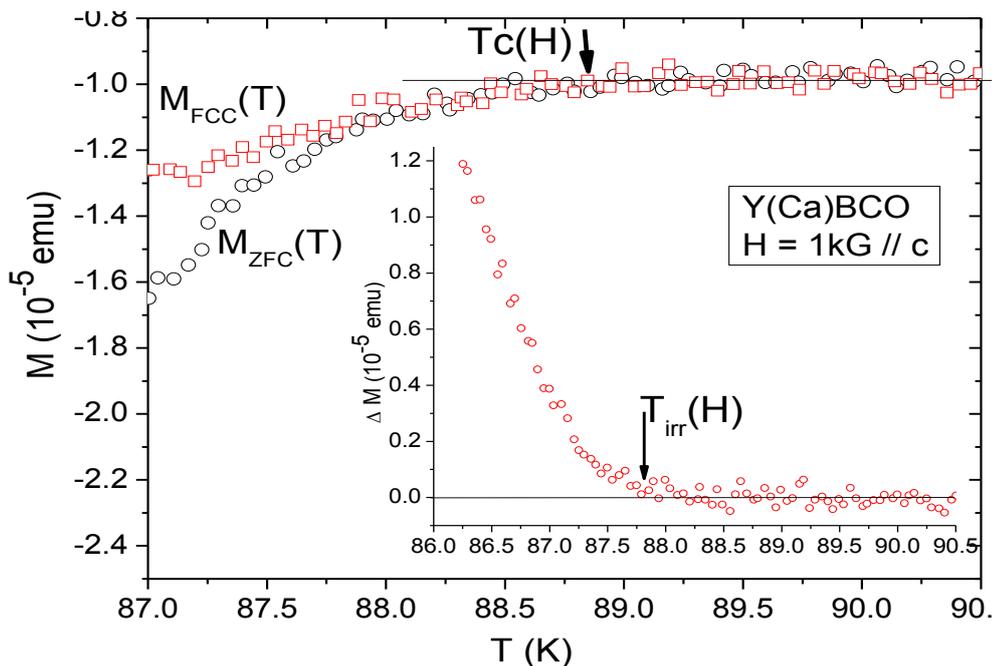


Figura 2 - Curva de magnetização com $T_{irr}(H)$ e $T_C(H)$ para a amostra dopada com Cálcio.

Além de $T_{irr}(H)$ a Fig.2 define a obtenção de $T_C(H)$. Esta temperatura marca a transição do estado normal para o supercondutor e mostra-se dependente de H . Por outro lado, na Fig.2 secundária, $T_{irr}(H)$ é determinada a partir da subtração das curvas de $[M_{FCC}(T) - M_{ZFC}(T)]$ e é definida como sendo o valor de temperatura para qual $[M_{FCC}(T) - M_{ZFC}(T)]$ abandona a reta de base zero do eixo da temperatura. A adoção deste método minimiza as imprecisões na determinação de $T_{irr}(H)$.

As medidas de magnetoresistência elétrica foram realizadas por meio da adoção da técnica de quatro pontas empregando o módulo de resistividade AC de

um PPMS. A resistência elétrica em função da temperatura, $R(T)$ foi registrada com a adoção de protocolo “field cooling cooled”. A Fig.3 apresenta o comportamento de $R(T)$ submetido a um campo de 1kOe.

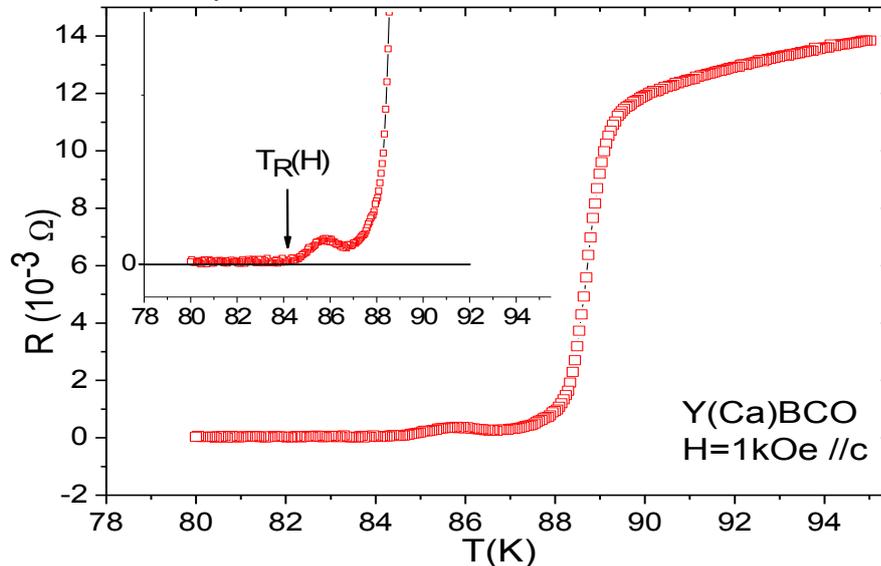


Figura 3 – Representação de uma curva de resistência destacando o valor de $T_R(H)$.

A Fig.3 secundária destaca o valor obtido para $T_R(H)$ onde a curva abandona a reta de base zero do eixo da temperatura, do mesmo modo como foi determinado a $T_{irr}(H)$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo do nosso estudo, que é analisar o comportamento da correlação entre $T_{irr}(H)$ e $T_R(H)$ para um monocristal de $Y_{0.9}Ca_{0.1}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$, pode ser observado a partir da justaposição do conjunto de valores obtidos para $T_R(H)$, $T_{irr}(H)$ e $T_C(H)$ ao longo do diagrama H - T como na Fig.4 que segue.

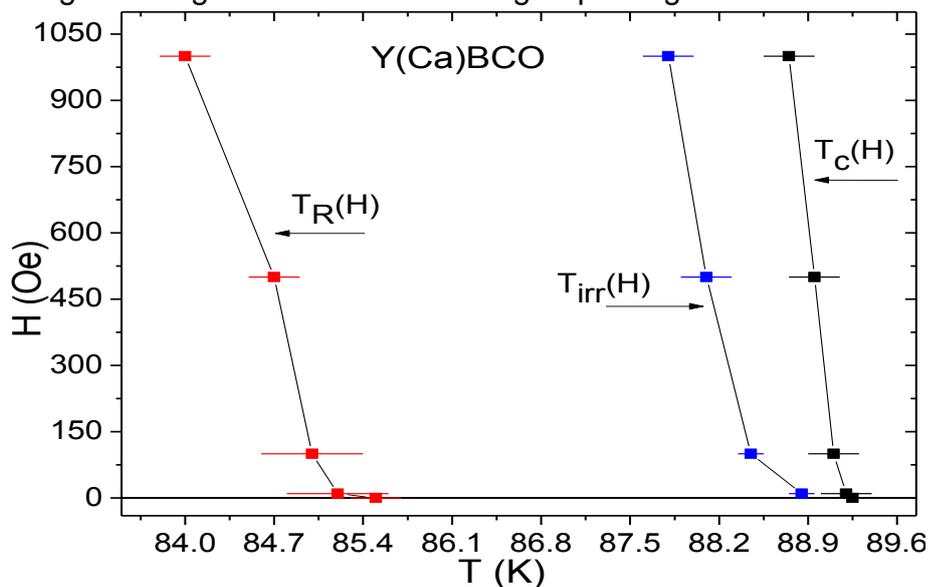


Figura 4 – Justaposição das curvas de $T_R(H)$, $T_{irr}(H)$ e $T_C(H)$ em um diagrama H - T .

No estado misto de um supercondutor do tipo II, o qual se aplica o nosso material, o campo magnético aplicado parcialmente penetra a amostra assumindo a forma de vórtices blindados por supercorrentes^{1,2}. A movimentação destes vórtices por meio da ação da força de Lorentz causa dissipação de energia ao estado supercondutor^{1,2}.

No diagrama $H-T$ acima, o conjunto de pontos de $T_C(H)$ mostra uma pequena variação frente à aplicação de campo magnético. Por outro lado, o conjunto de pontos de $T_{irr}(H)$ o qual representa um provável limite em relação à dinâmica de vórtices propõe que para a região do diagrama $H-T$ localizada entre $T_C > T > T_{irr}$ os vórtices movimentam-se livremente e a dissipação de energia ocorre, ao passo que para a região localizada em $T \leq T_{irr}$ os vórtices encontram-se aprisionados possivelmente a defeitos estruturais do material o que torna inexistente os efeitos dissipativos provenientes da movimentação destes. O conjunto de pontos de $T_R(H)$ representa o estabelecimento do estado de resistência nula no material para $T \leq T_R$. Nesta região do diagrama $H-T$ o transporte de corrente pelo material ocorre sem dissipação de energia.

4 CONCLUSÕES

A $T_{irr}(H)$ nos supercondutores está relacionada à movimentação dos vórtices de fluxo magnético. Quando $T > T_{irr}(H)$ os vórtices estão se movimentando livremente e há ocorrência de efeitos dissipativos no transporte de corrente elétrica através do material, ao passo que quando $T < T_{irr}(H)$ os vórtices estão aprisionados e o transporte de corrente elétrica se dá de maneira não-dissipativa. Por outro lado, a $T_R(H)$ define o estabelecimento do estado supercondutor onde a resistência elétrica do material é nula e o transporte de corrente elétrica é não-resistivo.

A não coincidência entre os valores de $T_{irr}(H)$ e $T_R(H)$ na Fig.4 pode ser compreendida como um fator indicativo de que a dopagem do Y com Ca introduzem um aspecto granular a supercondutividade das amostras uma vez que neste cenário $T_{irr}(H)$ e $T_R(H)$ não dependeriam das mesmas regiões da amostra.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] VIEIRA, V. N. **Efeito das Substituições Químicas na Irreversibilidade Magnética e Magnetocondutividade do Supercondutor YBa2Cu3O7- δ** . Jan. 2004 -. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 01/2004.
- [2] DIAS, F.T. , VIEIRA, V.N., RODRIGUES Jr.P., PUREUR, P, SCHAF, J., Colaboradores, Correlation between the magnetic irreversibility limit and zero resistance point in different granular YBa2Cu3O7- δ superconductors, PHYSICAL REVIEW B 77, 134503 (2008).