

## O EFEITO DA PRESSÃO QUÍMICA SOBRE AS FLUTUAÇÕES TERMODINÂMICAS NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SUPERCONDUTOR $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\Delta}$

JOÃO EDUARDO DE MAGALHÃES SALVADOR<sup>1</sup>; MARCELO AUGUSTO PEREIRA DOS SANTOS<sup>2</sup>; ROBERLÂNDIA DA SILVA BARROS<sup>3</sup>; PAULO PUREUR NETO<sup>4</sup>; FABIO TEIXEIRA DIAS<sup>5</sup>; VALDEMAR DAS NEVES VIEIRA<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – jemsalvador@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – augustomarcelo061@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – roberlandiabarros249@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – ppureur@if.ufrgs.br

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – diasft@gmail.com

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel) – vdnvieira@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho, investigamos, por meio de medidas de resistividade elétrica, os efeitos da pressão química (PQ) na transição de pareamento supercondutora de monocristais de  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  (YBCO). Especificamente, quantificamos esses efeitos caracterizando o comportamento dos regimes de flutuações termodinâmicas (FT) gaussiana e crítica das superpartículas (pares de Cooper) na fase normal (temperaturas maiores que a temperatura crítica de transição  $T > T_c$ ) da condutividade elétrica de monocristais de  $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\Delta}$  ( $x \leq 0,5$ ) (PUREUR *et al.*, 1993). A aplicação da PQ à estrutura cristalina de YBCO (Figura 1) é devido à diferença no raio atômico entre o Sr e o Ba ( $r_{Ba} > r_{Sr}$ ) e também pelo fato de que o Ba tem a mesma valência que o Sr e a substituição ocorre diretamente para montantes de até 50% (LICCI *et al.*, 1998). A aplicação de pressão mecânica resulta em um pequeno aumento de  $T_c$  em monocristais de YBCO (FERREIRA *et al.*, 2004). Em contraste, a aplicação de PQ resulta em uma diminuição significativa de  $T_c$  (LICCI *et al.*, 1998). Este é um dos objetivos de estudarmos o efeito de PQ na supercondutividade do YBCO através do comportamento dos regimes de FT.

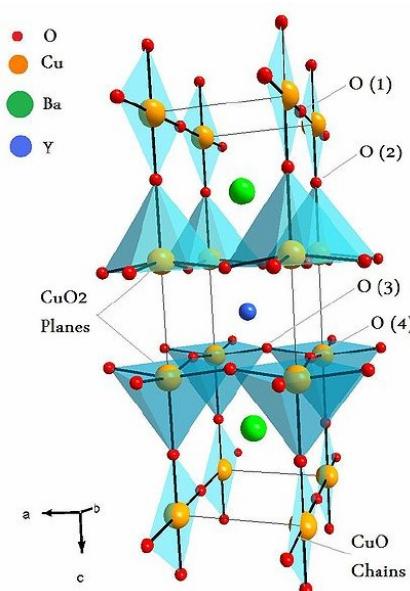


Figura 1: Célula unitária de YBCO

## 2. METODOLOGIA

Para investigar os efeitos da PQ nas FT gaussianas e críticas do YBCO, crescemos através do emprego da técnica de auto-fluxo, monocristais de  $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$  ( $x \leq 0.5$ ). No Laboratório de Materiais Supercondutores (LMS) da UF-Pel. A figura 2 ilustra o arranjo empregado no crescimento (a) e os monocristais obtidos (b). As medidas de resistividade elétrica em função da temperatura,  $\rho(T)$ , foram realizadas em um resistômetro localizado no Laboratório de Supercondutividade e Magnetismo da UFRGS. As medidas se deram através do emprego da técnica de quatro pontos com a diferença de potencial medida, e a corrente medida aplicada ao longo do plano  $ab$  dos monocristais. Este equipamento permitiu que  $\rho(T)$  fosse medido com variação de até a ordem de milésimos de Kelvin. Até o momento temos realizadas as medidas das amostras com  $x=0,01; 0,05; 0,125$  e  $0,185$ .



Figura 2: monocristais obtidos a partir do emprego da tecnica de auto-fluxo, (a) arranjo empregado para o crescimento, (b) monocristais obtidos após a etapa de crescimento.

A contribuição das FT na fase normal da condutividade elétrica,  $\sigma(T)$ , é obtida a partir da análise do comportamento dos dados de  $\rho(T)$ , visto na Figura 3, uma vez que  $\sigma(T)=\rho(T)^{-1}$ . O intervalo delimitado por  $T_c < T < T^*$ , onde  $T^*$  é definido como valor de T onde ocorre a mudança do comportamento linear (ôhmico) de  $\rho(T)$ , marca a identificação do aumento de  $\sigma(T)$  o qual aumenta significativamente a medida em que T se aproxima de  $T_c$ . De acordo com esse cenário, pode-se afirmar que o comportamento de  $\Delta\sigma(T)$  é dado por  $\Delta\sigma(T) = A\varepsilon^\lambda$ , onde A é a amplitude crítica,  $\lambda$  o expoente crítica, e  $\varepsilon = (T-T_c)/T_c$  (FERREIRA et al., 2004). Agora definindo a grandeza  $\chi_\sigma(T)$  (FERREIRA et al., 2004), onde:

$$\chi_\sigma(T) = \frac{d}{dT} [\ln(\Delta\sigma)] \quad (1)$$

o que resulta em:

$$\chi_\sigma^{-1}(T) = \frac{1}{\lambda} (T - T_c) \quad (2)$$

De acordo com a eq. (2) pode-se identificar os regimes de FT a partir da identificação de um comportamento linear por parte dos dados referentes ao inverso da derivada logarítmica de  $\Delta\sigma(T)$ ,  $[\chi_\sigma^{-1}(T)]$  onde o inverso de  $\lambda$  fornece o regime de FT correspondente, para mais detalhes ver a figura 4.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 destaca os resultados obtidos para o comportamento de  $\rho(T)$  para os monocrystalais de YBCO e  $Y(Ba_{0,82}Sr_{0,185})_2Cu_3O_{7-\delta}$ . A Figura 4 apresenta os resultados de  $\chi_\sigma^{-1}(T)$  referentes as amostras de  $Y(Ba_{0,95}Sr_{0,05})_2Cu_3O_{7-\delta}$  (a),  $Y(Ba_{0,875}Sr_{0,125})_2Cu_3O_{7-\delta}$  (b) e  $Y(Ba_{0,815}Sr_{0,185})_2Cu_3O_{7-\delta}$  (c).

Em relação aos resultados apresentados na Figura 3 é importante destacar que todas as amostras até agora pesquisadas apresentam comportamento ôhmico para  $\rho(T)$  para  $T > T^*$ . Além disso o aumento de PQ provoca o aumento de  $\rho(T)$  a temperatura ambiente bem como de  $T^*$ , temperatura que delimita as contribuições das TF para  $\sigma(T)$ . Por outro lado, o valor de  $T_c$  desce linearmente a medida que PQ aumenta. Nos insertos da Figura 3, pode-se verificar que o comportamento da transição resistiva para o estado supercondutor analisada pelos dados de  $d\rho(T)/dT$ , das amostras destacadas, assim como os demais, se mostra fortemente afetada pela aplicação de PQ ( $x=0,185$ ) em virtude da identificação de inúmeras máximas de diferentes intensidades nos dados de  $d\rho(T)/dT$ , os quais podem estar associados a vários  $T_c$ s.

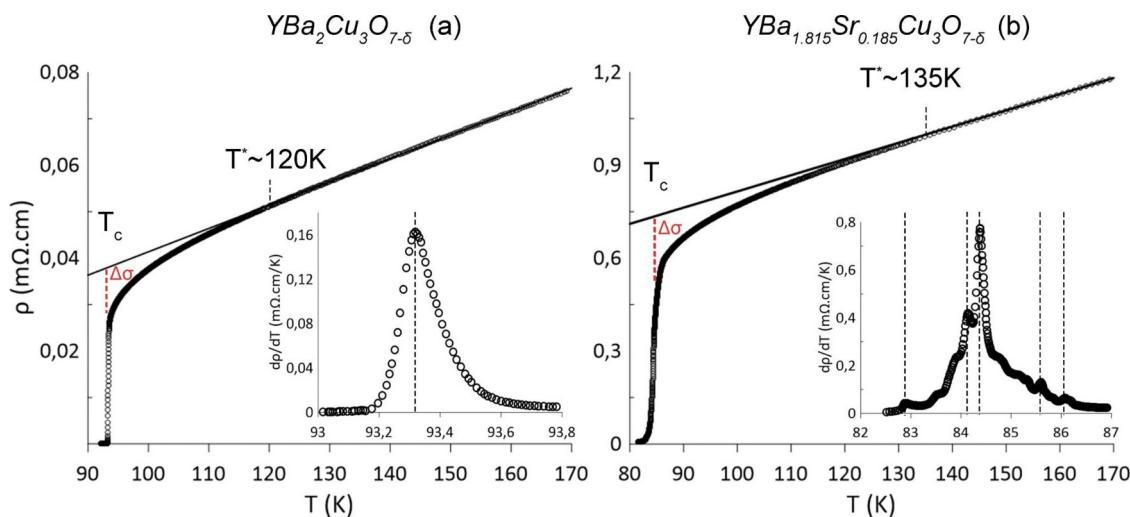


Figura 3: os comportamentos de  $\rho(T)$  e  $d\rho/dT$ , insertos na figura, para os monocrystalais de YBCO (a) e  $Y(Ba_{0,815}Sr_{x0,185})_2Cu_3O_{7-\delta}$  (b).

Esta perspectiva fica melhor caracterizada na figura 4 onde estão identificados os regimes de FT nos dados de  $\chi_\sigma^{-1}(T)$  a medida que é reduzido de  $T^*$  para  $T_c$ . De acordo com esta dinâmica são identificados os regimes de FT Gaussianos ( $\lambda_{1D-G} \approx 1.5$ ,  $\lambda_{2D-G} \approx 1.0$  e  $\lambda_{3D-G} \approx 0.5$ ), os quais identificam a existência de FT descorrelacionados e de um curto alcance, em 1, 2 e 3 dimensões (D), por parte da formação dos pares de Cooper (PUREUR et al., 1993). A medida em que  $T \rightarrow T_c$ , é identificado a existência de FT críticas ( $\lambda_{CR} \approx 0.33$ ) e supercríticas ( $0.30 \geq \lambda_{SC} \geq 0.05$ ) os quais identificam FT de longo alcance fortemente correlacionadas e em 3D (COSTA et al., 2000). É importante destacar que o estabelecimento do estado supercondutor do YBCO, e em outros da mesma classe, a partir da análise do comportamento de  $\rho(T)$ , é estabelecido pela identificação de  $\lambda_{CR}$  ou  $\lambda_{SC}$ . De acordo com esse cenário é possível sugerir que o aumento de PQ resulta em, além de estabelecer diferentes  $T_c$ s, também apresenta multiplicidade na existência de regimes de  $\lambda_{CR}$  e  $\lambda_{SC}$  e, em algumas destas transições, possivelmente sejam fracamente de primeira ordem ( $\lambda_{SC}=0,05$ ) (COSTA et al., 2000).

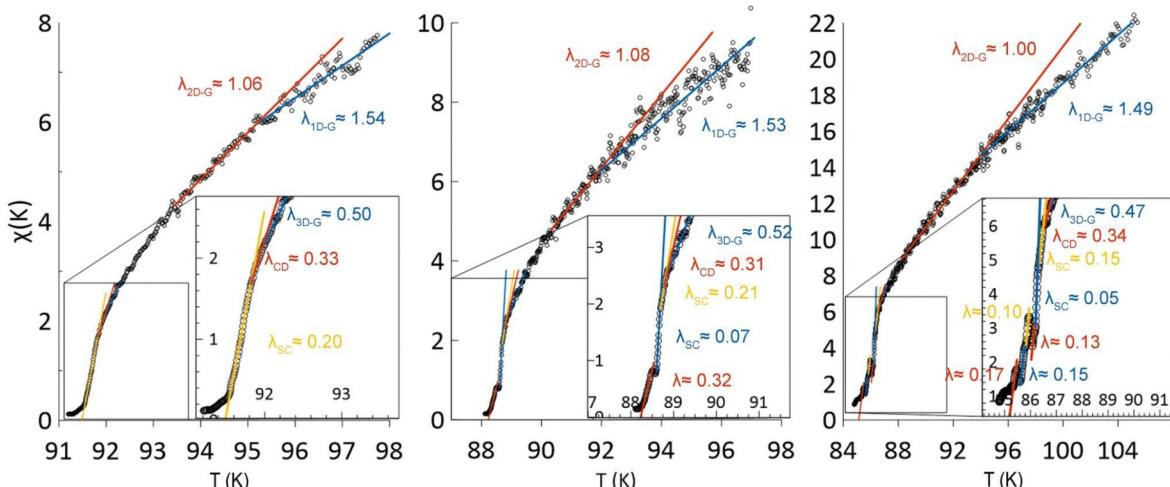


Figura 4: gráficos de  $\chi_\sigma^{-1}(T)$ , mostrando os expoentes  $\lambda_G$ ,  $\lambda_C$  e  $\lambda_{SC}$  para as amostras de  $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$  com  $x=0.05$  (a),  $0.125$  (b) e  $0.185$  (c), da esquerda para direita, respectivamente.

#### 4. CONCLUSÃO

Figuras 3 e 4 demonstram que  $T^*$  aumenta conforme PQ se altera, e que a transição resistiva supercondutora não é similar à de um supercondutor homogêneo. Em outras palavras, múltiplas transições resistivas ocorrem conforme se altera a PQ. Contudo, esta pesquisa está ainda em desenvolvimento, e mais estudo é necessário para uma conclusão mais precisa. Com as informações a serem coletadas futuramente das amostras ainda em produção, poderemos ter um entendimento mais apurado da influência da PQ na transição resistiva normal-supercondutora, levando a uma conclusão mais clara deste assunto.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PUREUR, P.; COSTA, R. M.; RODRIGUES JR., P.; SCHAF, J.; KUNZLER, J. V. Critical and Gaussian conductivity fluctuations in  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ . *Physical Review B*, College Park, v.47, n.17, p.11420-11426, 1993.

LICCI, F.; GAUZZI, A.; MAREZIO, M.; et al. Structural and electronic effects of Sr substitution for Ba in  $Y(Ba_{1-x}Sr_x)_2Cu_3O_{7-\delta}$  at varying  $\delta$ . *Physical Review B*, College Park, v.58, n.23, p.15208-15215, 1998.

FERREIRA, L. M.; PUREUR, P.; BORGES, H. A.; LEJAY, P. Effects of pressure on the fluctuation conductivity of  $YBa_2Cu_3O_7$ . *Physical Review B*, College Park, v.69, n.21, p.212505, 2004.

COSTA, R. M.; PUREUR, P.; GUSMÃO, M. A.; et al. Scaling beyond 3D-XY in the fluctuation conductivity of  $YBa_2Cu_3O_7$ . *Solid State Communications*, Oxford, v.113, n.1, p.23-27, 2000.