

## CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO DE CERÂMICAS SUPERCONDUTORAS

JOÃO EDUARDO DE MAGALHÃES SALVADOR<sup>1</sup>; EDUARDA BERNARDI FERRO<sup>2</sup>; FÁBIO TEIXEIRA DIAS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [jemsalvador@gmail.com](mailto:jemsalvador@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [eduardabernardi@gmail.com](mailto:eduardabernardi@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [diasft@gmail.com](mailto:diasft@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

O grupo realiza pesquisa na área experimental, sinterizando no estado sólido, e analisando as características, de pastilhas de YBaCuO (óxido de cobre e ítrio-bário é uma família de compostos químicos cristalinos), um material cerâmico supercondutor de alta temperatura crítica.

Para entender o processo de sinterização, precisamos primeiro compreender o que é um material supercondutor de alta temperatura crítica. Supercondutividade é a característica presente em materiais chamados de supercondutores, os quais ao serem resfriados abaixo de uma certa temperatura, deixam de apresentar resistência elétrica, permitindo grandes correntes sem a perda de energia. Essa temperatura recebe o nome de temperatura crítica ( $T_c$ ) e representa a temperatura em que o material sofre a transição de fase para o estado supercondutor.

Nos primeiros materiais a serem descobertos com essa propriedade a temperatura era próxima ao zero absoluto (entre 4, e 10 kelvin, sendo necessária a utilização de hélio líquido para o resfriamento), assim sendo, foram chamados de supercondutores de baixas temperaturas, ou do tipo I. Com o avanço das pesquisas na área foram descobertos outros materiais com a temperatura crítica superior a 30K e, atualmente, chegando acima dos 110K, os chamados de supercondutores de alta temperatura ou do tipo II.

A maior vantagem para a utilização desses materiais é o custo da refrigeração pois nos supercondutores do tipo II, com  $T_c$  mais elevadas, pode se utilizar de nitrogênio líquido que é uma opção muito mais econômica que o hélio.

Dentre os supercondutores do tipo II um que recebe muita atenção para pesquisa (sendo esse o foco dos estudos aqui realizados) é o YBaCuO, em suas várias fórmulas possíveis com suas propriedades e formas de sinterização específicas.

Uma característica importante para o processo de sinterização do YBCO é seu caráter granular (uma amostra do material é composta de pequenos grãos) e seu ponto de fusão ( $\sim 1000\text{C}^\circ$ ), o qual deve ser levado em conta na produção pois a esta lida com o material no estado sólido em todo o processo.

Esse trabalho tem como enfoque o método de sinterização em estado sólido usado para a produção de YBaCuO, realizado pelo Grupo de Estudos em Supercondutividade e Magnetismo durante o segundo semestre de 2019.

### 2. METODOLOGIA

Para a produção da amostra de YBCO, foram pesados na balança analítica 0,70018g de Y211 (um dos compostos da família YBaCuO) e 0,30003g de CeO<sub>2</sub> (Óxido de cério). Após a pesagem, os dois compostos foram macerados por 15

minutos em um almofariz de ágata higienizado para evitar contaminação da amostra seguindo após esta etapa para a calcinação da mistura, na qual o material foi colocado em um cadinho e levado ao forno com uma programação de temperatura preestabelecida, conforme mostrado na Figura 1. Esse processo foi repetido 3 vezes para garantir a homogeneidade da mistura.

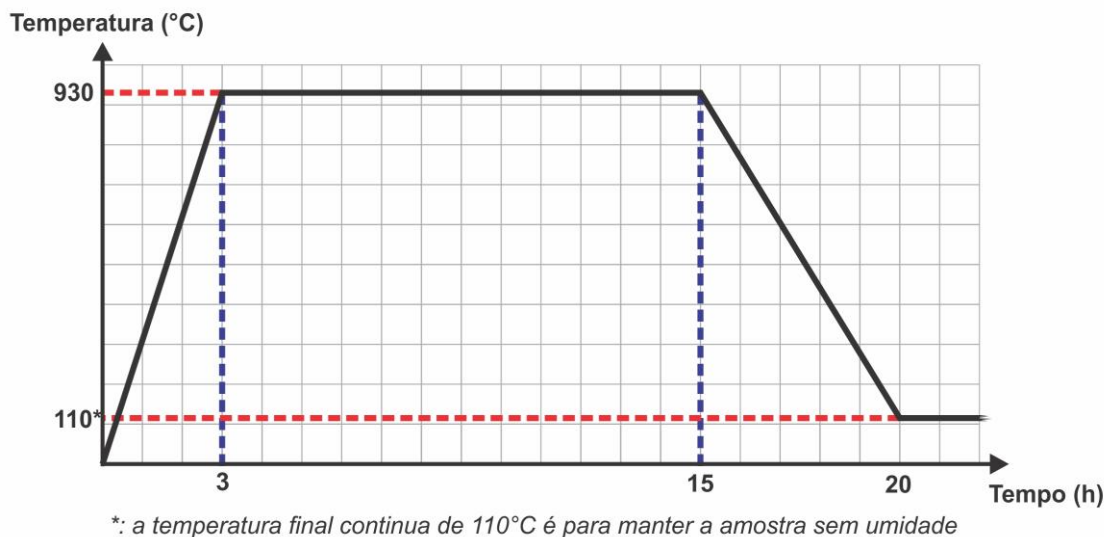


Figura 1

Após esses três processos iniciais foi realizada uma última maceração do material. A amostra fora então compactada em uma pastilha, colocando na prensa três cargas sucessivas de 5, 3 e 1 toneladas respectivamente, mantidas por cerca de 10 segundos cada etapa de prensagem. A pressão é necessária para a formação compacta da pastilha que segue para um último processo, que é a calcinação final (com as temperaturas programadas no forno como mostrado na Figura 2) para a formação da estrutura cristalina da cerâmica. A execução correta desses processos, na prensa, a última calcinação, bem como as três macerações e calcinações iniciais, são de extrema importância para que os grãos formados na amostra sejam de tamanho e espaçamento tal para que as propriedades de supercondução sejam otimizadas.

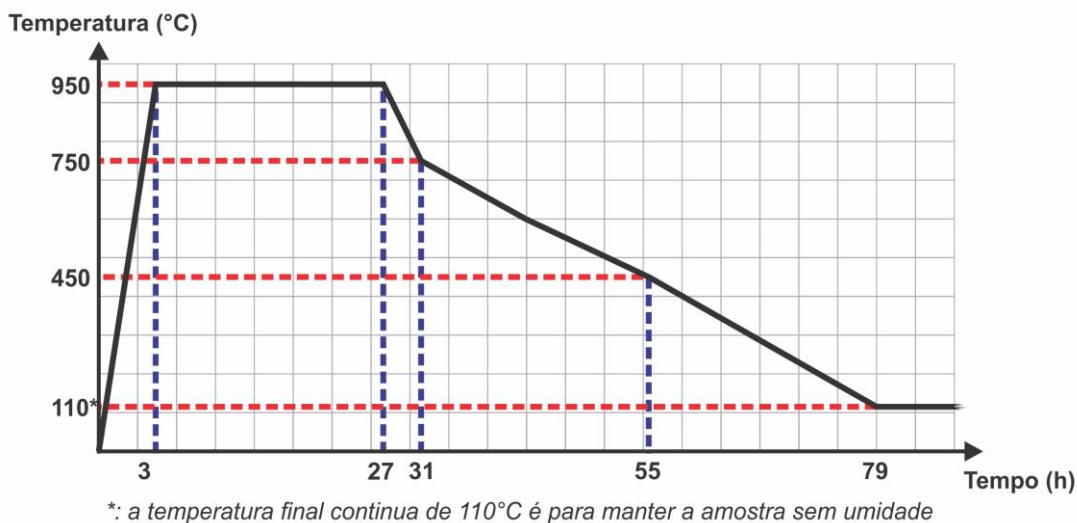


Figura 2

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a execução dos processos supracitados foram produzidas duas pastilhas e, ao serem avaliadas através de microscopia ótica, essas apresentaram poucos pontos onde a mistura não ficou homogênea. Se supôs que essas imperfeições foram causadas por grãos muito resistentes encontrados nas amostras das substâncias usadas como matéria prima que não foram desfeitos durante as etapas de maceração.

Infelizmente devido ao cenário atual não foi possível fazer mais medições para avaliar as características eletromagnéticas e supercondutoras, o que limita a caracterização final das amostras.

É importante também ressaltar a importâncias da atenção que deve ser dada ao último processo de calcinação, pois cada *rampa de temperatura* (nome dado a cada etapa em que a temperatura é alterada ou mantida durante um certo tempo) é importante para que o resultado esperado seja alcançado.

Em especial, deve se confirmar que em nenhum momento a temperatura máxima se aproxime dos 1000C°, evitando assim a fusão do material, bem como a velocidade de variação de temperatura de cada etapa precise ser respeitada. Isso garantirá que tanto a formação de uma rede cristalina quanto a estrutura dos grãos seja bem organizada, assegurando assim as características supercondutoras do material.

### 4. CONCLUSÕES

Como nessa primeira sinterização o objetivo principal era de aprender o processo, foi utilizado uma mistura pronta de YBaCuO (Y211), porém na próxima será produzido outras variações de YBaCuO a partir dos materiais básicos para a produção, e apesar da inviabilidade das testagens finais das amostras produzidas, pode-se afirmar que o objetivo de aprender e entender como se faz cada etapa do processo de produção (desde a maceração e calcinação iniciais, até a prensa e calcinação final), bem como a importância de cada uma das fases para a qualidade da amostra final, foi obtido com êxito.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

OSTERMANN, F. & PUREUR, P. **Supercondutividade**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

VIEIRA, V. N., et. al. **Efeitos das Substituições Químicas na Irreversibilidade Magnética e Magnetocondutividade do Supercondutor  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ \***, 2004. 230f. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Curso de Doutorado em Ciências, Universidade Federal de Pelotas.

DIAS, F. T., et. al. **Efeito Meissner Paramagnético e Magnetocondutividade em Supercondutores de  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  Texturizado**, 2003. 233f. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Curso de Doutorado em Ciências, Universidade Federal de Pelotas