

# DESENVOLVIMENTO DE ARQUITETURAS DE MULTIFILAMENTOS NO SISTEMA BSSCO-AG OBTIDAS ATRAVÉS DE CO-EXTRUSÃO

**Alunos: Daniela Medeiros e Thiago Chehuan**

**Orientador: Fernando Rizzo**

## Introdução

Este projeto consiste na produção de arquiteturas de multifilamentos de supercondutor de alta temperatura/prata através da formação de uma estrutura compósita contendo uma camada externa formada de pó de prata e um material ligante e um cilindro interno de pó de supercondutor e um material ligante, seguida de extrusão e sinterização do compósito.

Esse método torna possível razões de redução praticamente ilimitadas em apenas uma etapa sem a necessidade de aplicação de altas tensões, resultando em milhares de fibras de supercondutor de alta temperatura/prata com alta textura, capazes de transportar uma alta densidade de corrente ( $J_c$ ).

## Objetivo

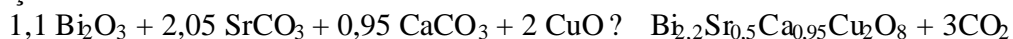
O trabalho aqui descrito consiste na elaboração e execução das etapas que compõem todo o método de fabricação, partindo da fabricação do pó supercondutor e de sua mistura até o processo de conformação via extrusão.

## Metodologia

O método de co-extrusão semelhante ao utilizado por D.R. Beeaff et al [1] e D.Kovar et al [2] foi empregado no presente trabalho. Foram feitas duas misturas polímero/pó de prata e polímero/pó de Bi-2212 diferentes além da realização de ensaios de conformação.

O processo de preparação do pó supercondutor consiste em uma reação no estado sólido envolvendo óxidos e carbonatos. Tais reagentes são submetidos a um ciclo térmico definido, composto de 3 etapas com temperaturas e tempos distintos. Ao término destes tratamentos o pó apresenta predominantemente a fase supercondutora Bi-2212 além de algumas fases secundárias. Todas as 3 etapas do processo térmico foram intercaladas com análises de difração de raio-x, com radiação de CuK $\alpha$ , de forma a comprovar a existência e evolução da fase.

Os reagentes utilizados foram Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SrCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub> e CuO, sendo todos de grau de pureza PA. O processo pode ser dividido em cinco etapas: pesagem dos reagentes, mistura, primeiro segundo e terceiro tratamentos térmicos. A pesagem foi realizada na balança analítica onde as quantidades dos reagentes foram determinadas tendo como base a reação abaixo:



Sendo assim, através de uma regra de três simples utilizando a massa molecular de cada reagente e massa molecular da composição nominal final, calculamos a massa necessária de cada reagente para a produção de pó supercondutor.

Os reagentes são colocados em um gral de ágata e são moídos durante 1 hora de forma a obter um pó completamente homogêneo e com menor tamanho de partícula, beneficiando o tratamento térmico. Em seguida o pó homogêneo é colocado em um cadinho de alumina e inserido no forno, seguindo um ciclo térmico pré-determinado.

Após cada tratamento térmico o pó é retirado do cadinho, moído novamente por cerca de 20 minutos e uma parte é separada para análise por difração de raios-x. O restante é recolocado no cadinho e inserido no forno, dando continuidade ao resto do tratamento até se obter um pó supercondutor.

As ferramentas utilizadas no processo de extrusão e fabricação do cilindro de supercondutor e da camada externa composta de prata, foram baseados no processo de co-extrusão relatados em alguns artigos científicos [1,2,3], característicos do processo de miniaturização. São ao todo três ferramentas, em aço inox, onde cada uma integra uma etapa do processo de conformação.

A ferramenta 1 tem por objetivo fabricar a camada externa composta de prata enquanto que a ferramenta 2 foi utilizada para a fabricação do cilindro interno de supercondutor. Já a ferramenta 3 tem como função realizar a co-extrusão do conjunto, produzindo um único filamento e depois multifilamentos.

O processo da mistura se inicia com o aquecimento do reômetro, previamente limpo, até a temperatura de 135°C. Após alcançar esta temperatura, são colocados os polímeros EEA e PEBA, deixando-os misturar por aproximadamente 30 minutos. Em seguida a temperatura é aumentada até 150°C e é adicionado o pó de supercondutor segundo a tabela acima onde deve-se aguardar cerca de uma hora. O RPM (rotações por minuto) utilizado foi de 50, mantendo-se padrão para a outra mistura também. Como acerto da viscosidade e conseqüentemente do torque, são adicionadas pequenas quantidades de óleo mineral, tornando a mistura mais viscosa, diminuindo o torque. O acerto de viscosidade é fundamental uma vez que para garantir a co-extrusão os materiais devem possuir viscosidades parecidas, sendo a prata até menos viscosa devido ao atrito com a parede da extrusora.

No entanto, devido a não homogeneidade da mistura de prata não foi possível realizar o processo de co-extrusão do composto de prata e supercondutor, uma vez que a camada externa não foi obtida. Essa não homogeneidade da mistura se deve ao fato de a prata recebida com tamanho de partícula de aproximadamente 1µm ter se aglomerado durante o processo de mistura, formando partículas de cerca de 500 µm. Portanto se dá necessário um estudo para a utilização de um surfactante na mistura de forma a impedir essa aglomeração. Esse surfactante, no entanto não pode afetar as propriedades da prata nem apresentar resíduos que possam se difundir para o supercondutor num futuro processo de queima do polímero.

## **Conclusões**

O projeto foi proposto e estudado como alternativa para o desenvolvimento e produção de fios supercondutores a um custo viável para implementação industrial. Considerando as etapas realizadas e conforme discutido na seção acima, já foram obtidos bons resultados iniciais tais como: aumento de textura na primeira extrusão, aumento da proporção de supercondutor e redução de custo, redução de prata.

Tais resultados servem de estímulo para novos passos buscando continuar o estudo na direção da solução do problema encontrado e no desenvolvimento das próximas etapas seguindo o objetivo do projeto.

Portanto, após os resultados obtidos ao longo do trabalho, podemos afirmar que este representa uma grande perspectiva de alternativa na produção de fios supercondutores. Além disso, trata-se de um grande estudo na direção da redução de custos e implementação da tão esperada supercondutividade e seus benefícios em escala industrial. Representa também a possibilidade de novas pesquisas utilizando o mesmo processo (miniaturização) para outras áreas de aplicação, conforme já vem sendo realizado com sucesso por alguns grupos de pesquisa no mundo.

### **Referências**

- [1] D.R. Beeaff, G. E. Hilmas, Rheological Behavior of coextruded multilayer architectures, *Journal Materials Science*, 37, 2002.
- [2] S.Y. Lienard, D. Kovar, R.J. Moon, K.J. Bowman, J.W. Halloran, Texture development in  $Si_3N_4/BN$  fibrous monolithic ceramics, *Journal of Materials Science*, 35, 2000. [15] Y.B. Huang, X.Y. Cai, G.N. Riley, Jr, D. Larbalestier, D. Yu, M. Teplitsky, A. Otto, S. Fleshler and R. D. Parrella, American Superconductor Corporation.
- [3] C.V. Hoy, A. Barda, M. Griffith and J. W. Halloran, Microfabrication of Ceramics by Co-extrusion, *J. Am. Ceram. Soc.*, 81, 1998.