

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

**Aluno: 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 ( $J_c$ ).

## Objetivos

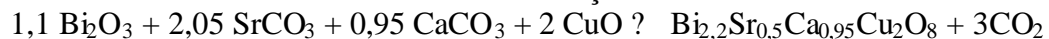
O trabalho aqui descrito consiste na elaboração e execução das etapas que compõem todo o método de fabricação, partindo da fabricação do pó supercondutor e de sua mistura até o processo de conformação via extrusão.

## Metodologia

O método de co-extrusão semelhante ao utilizado por D.R. Beeff 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 três 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 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  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CuO}$ . 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 onde deve-se aguardar cerca de uma hora. O RPM (rotações por minuto) utilizado foi de 50. Para o 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 da prata não foi possível realizar o processo de co-extrusão do compósito de prata e supercondutor, uma vez que a camada externa não foi obtida. Essa não homogeneidade da mistura se deve ao fato da 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.

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<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/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.