

INSTRUMENTAÇÃO DE NANOTECNOLOGIAS APLICADAS À MATERIAIS AVANÇADOS

Aluna: Maria Helena Sother C. Ribeiro
Orientador: Guillermo Solórzano

Introdução

Foi feito um estudo de diferentes modos de precipitação em ligas à base de cobre, mais especificamente Cu-7,5%In e Cu-4,5%Sb. Uma atenção especial foi dada às reações descontínuas como precipitação descontínua, dissociação descontínua seguida, em alguns casos, de recristalização. Essas amostras passaram por tratamentos térmicos e foram caracterizadas através de microscopia óptica, para que fosse possível estudar a cinética das reações descontínuas.

As temperaturas utilizadas para a realização deste estudo foram estipuladas através da análise do diagrama de fases de cada liga[2]. Diagramas de fases são mapas que permitem prever as fases e microestrutura de um material em função da temperatura e composição de cada componente.

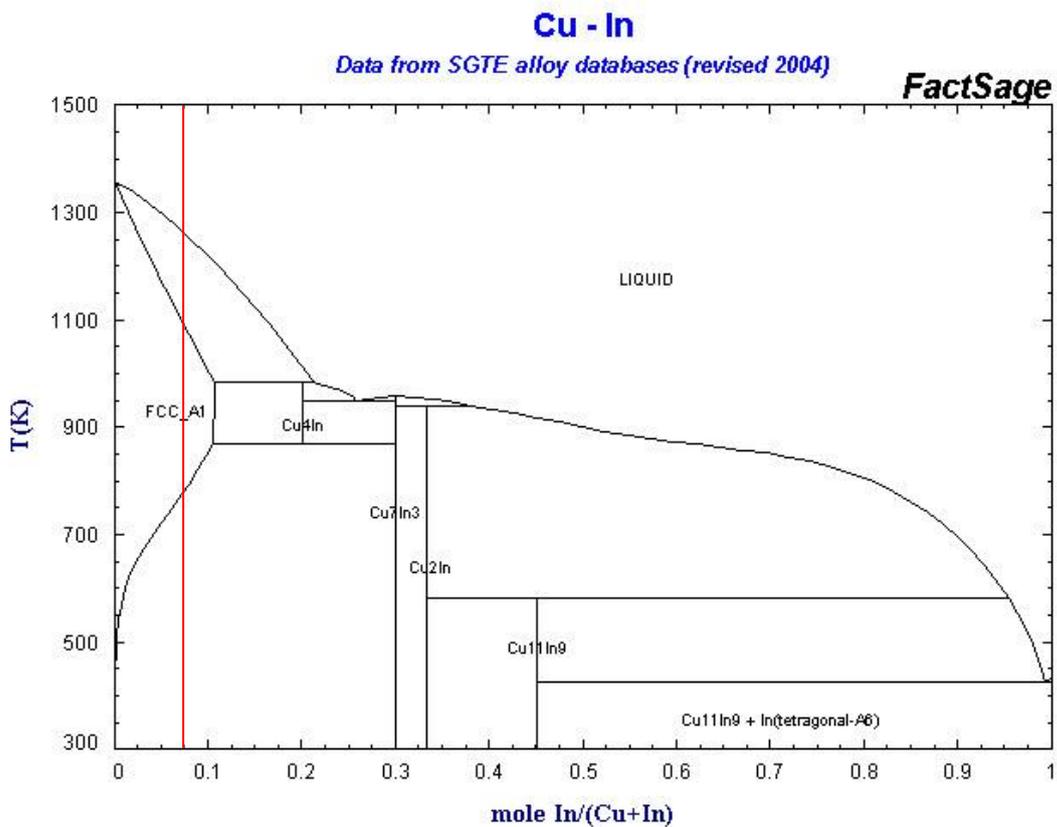


Fig.1: Diagrama de fases da liga Cu-In.

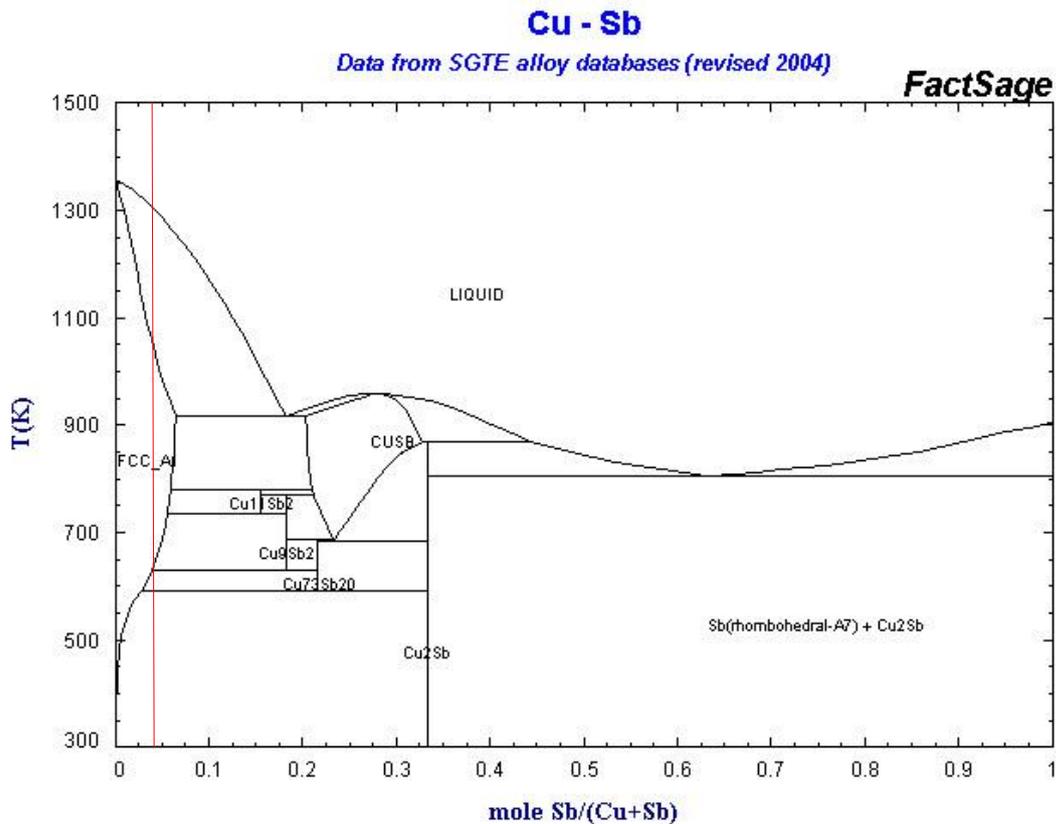


Fig.2: Diagrama de fases da liga Cu-Sb.

Objetivo

O objetivo geral é estudar a cinética das reações descontínuas na ligas à base de cobre a partir de tratamentos térmicos, fazer caracterização a partir de micrografias (microscópio óptico) e estudar o comportamento dos grãos antes e após os tratamentos térmicos.

Metodologia

Foram recebidas amostras das ligas de Cu-7,5wt%In e Cu-4,5 wt%Sb. Primeiramente foi feito um estudo dessas amostras como recebidas para que fosse possível saber as características iniciais de cada uma.

Placas foram cortadas das amostras recebidas com 1 x 1 x 0,1 cm utilizando-se um disco abrasivo adiamantado. Com uma das amostras de Cu-7,5 wt%In foi feito um polimento eletrolítico com uma solução composta de 25% de H₃Po₄, 25% de Álcool Etílico P.A. e 50% de H₂O (corrente máxima e tensão de 2V durante aproximadamente 5 minutos), seguida de um ataque eletrolítico feita com a mesma solução utilizada no polimento, porem com uma tensão de 1V durante 1 minuto. Com uma das amostras de Cu-4,5 wt%Sb foi feito um polimento utilizando lixas (220, 440,...,1200mm), panos de 6µm, 3µm e 1µm. Para esta amostra foi feito um ataque químico em uma solução composta de 3,5g de cloreto férrico, 25ml de ácido clorídrico e 75ml de álcool etílico durante 1 minuto. Em seguida, foi feita micrografia em microscópio óptico em cada uma das amostras.

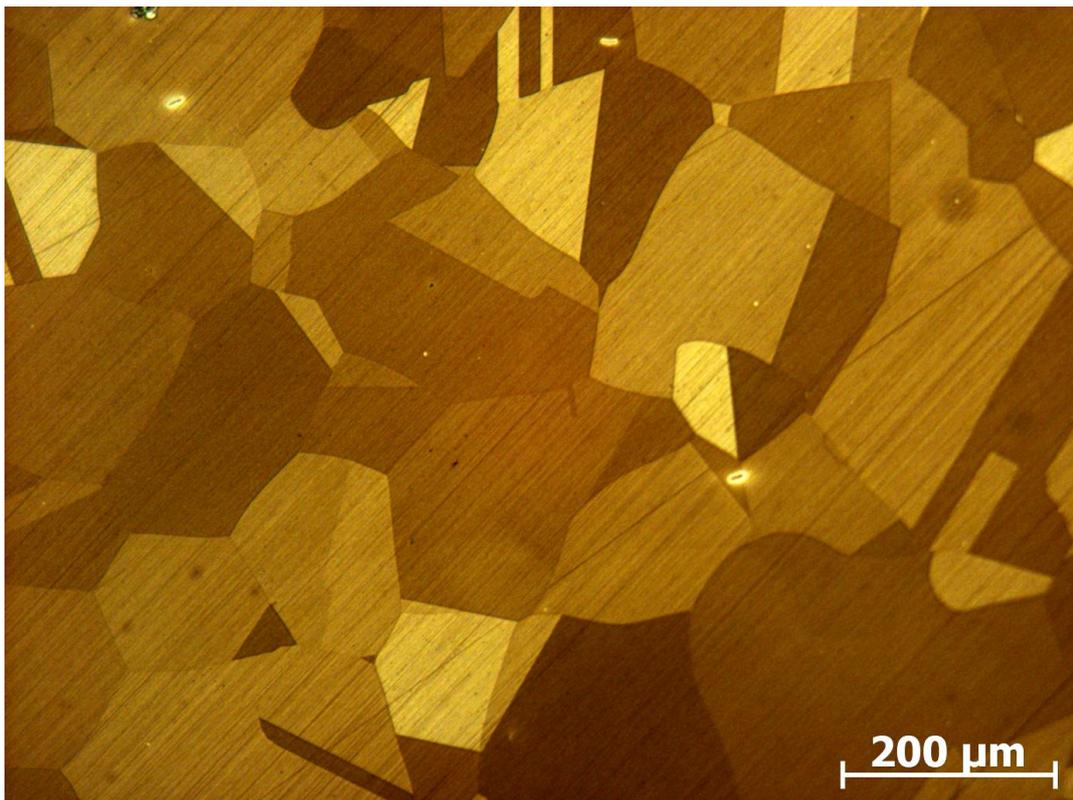


Fig.3: Imagem Cu-4,5Sb, aumento 100x.

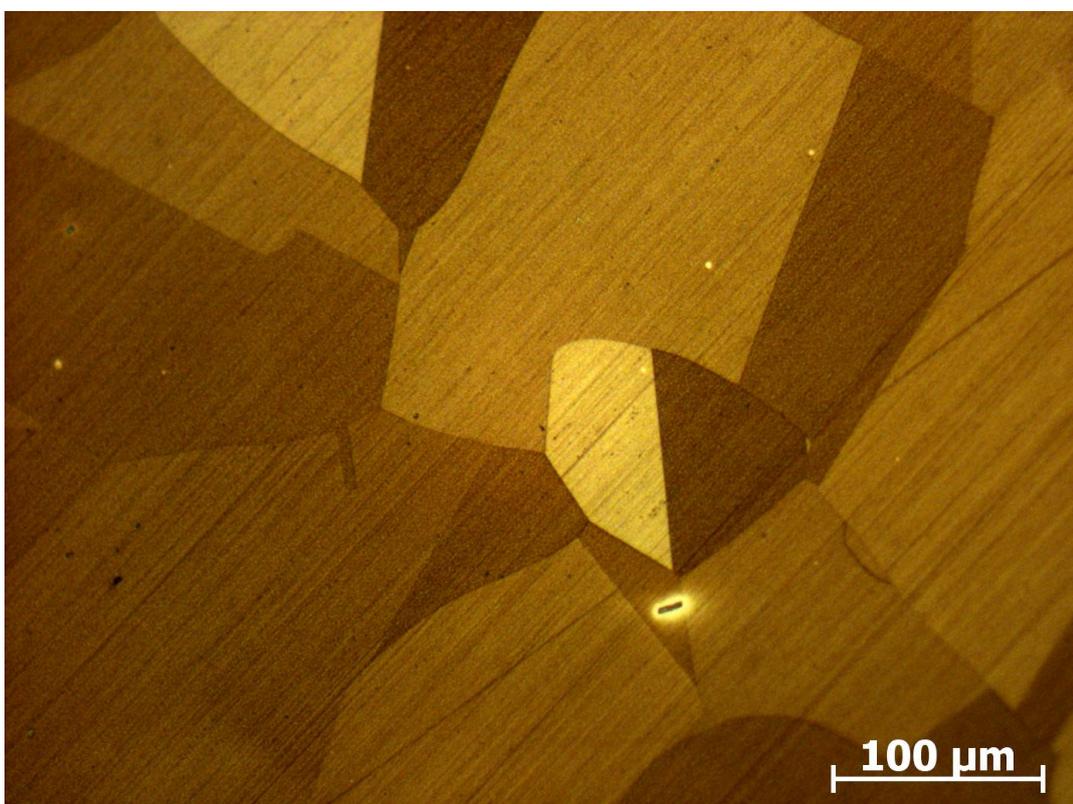


Fig.4: Imagem Cu-4,5 wt% Sb, aumento 200x.

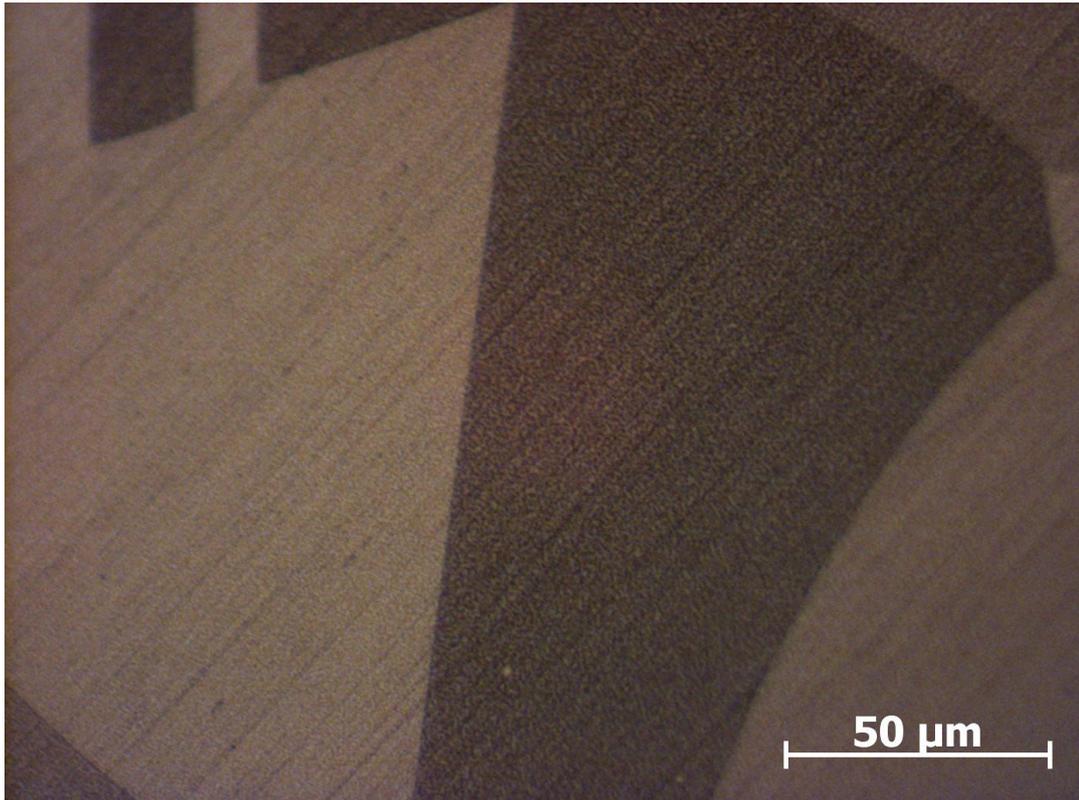


Fig.5: Imagem Cu-4,5 wt%Sb, aumento 500x.

Após a caracterização das amostras como recebidas foi feito o primeiro tratamento térmico, o tratamento térmico de solubilização, que tem como objetivo levar o material à fase de solução sólida.

Uma solução sólida é um sólido constituído por dois ou mais elementos dispersos atômicamente numa única fase. Geralmente, existem dois tipos de soluções sólidas: substitucionais e intersticiais. Nas soluções sólidas substitucionais formadas por dois elementos, os átomos de soluto podem substituir os átomos de solvente na rede cristalina deste. Na Figura 3, mostra-se um plano (1 1 1) da rede cristalina CFC, no qual alguns átomos de soluto de um dado elemento substituíram átomos de solvente do elemento-base. A estrutura cristalina do elemento-base, ou solvente, mantém-se, mas a rede pode ficar distorcida pela presença dos átomos de soluto, especialmente se existir uma diferença significativa entre os diâmetros atômicos do soluto e do solvente.

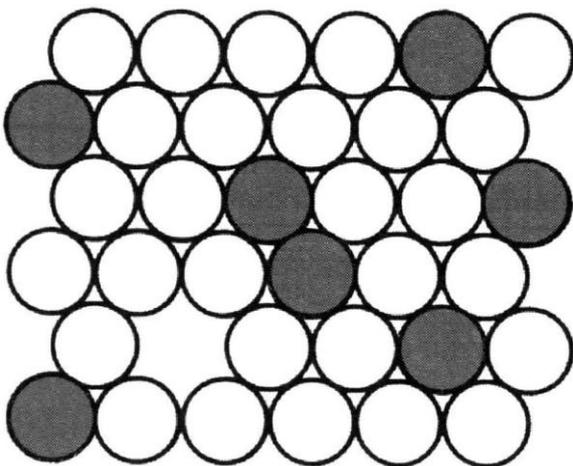


Fig.6: Solução sólida substitucional. Os círculos escuros representam um tipo de átomos e os brancos outro. O plano atômico é o plano (111) de uma rede cristalina CFC.

Nas soluções intersticiais, os átomos de soluto ocupam os espaços entre os átomos de solvente. Estes espaços ou cavidades são designados por interstícios. As soluções sólidas intersticiais podem formar-se quando os átomos de um tipo são muito maiores do que os do outro. Exemplos de átomos que, devido ao seu pequeno tamanho, podem formar soluções sólidas intersticiais são o hidrogênio, o carbono, o nitrogênio e o oxigênio.

A temperatura de tratamento da liga de Cu-7,5 wt%In foi de 600°C durante 20 minutos em forno tubular e após esse período foi feita laminação 80%. A temperatura de tratamento da liga de Cu-4,5 wt%Sb foi de 550°C durante 8h. Em seguida foram feitos os respectivos polimentos e ataques em um exemplar de cada liga e feitas novas micrografias das amostras.

O resultado pode ser visto nas imagens abaixo.

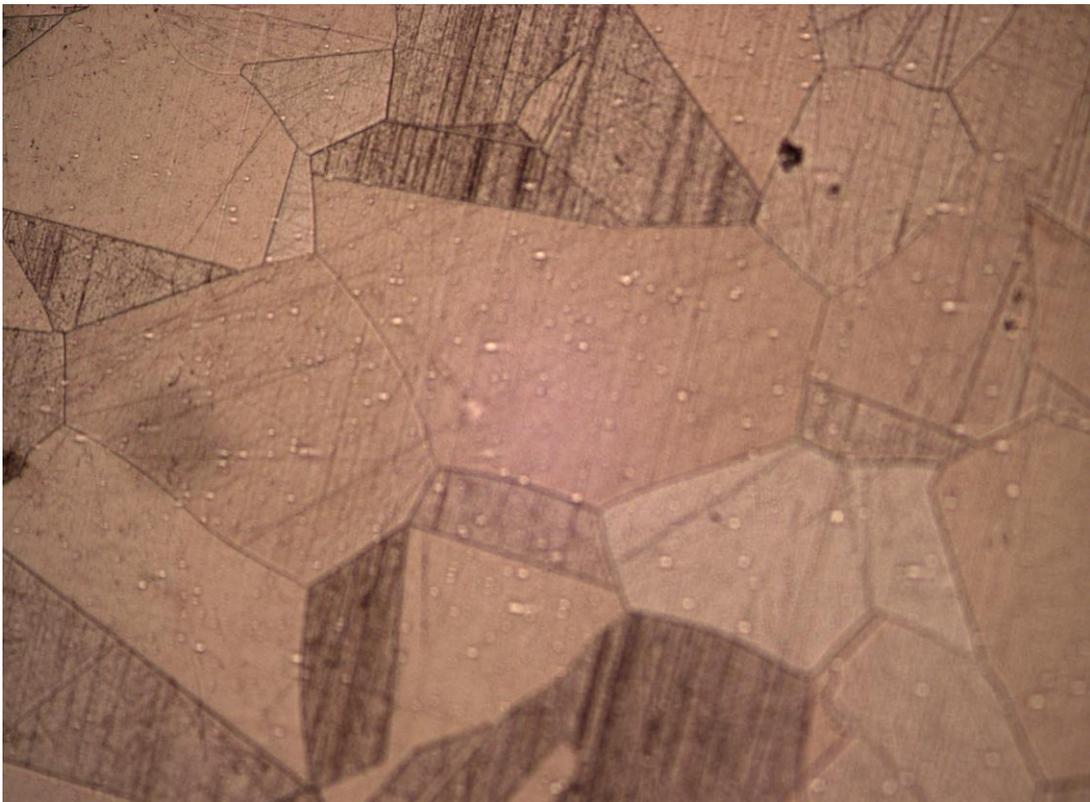


Fig.7: Imagem Cu-4,5 wt%Sb, aumento 100x. A temperatura de tratamento da liga de Cu-4,5 wt%Sb foi de 550°C durante 8h.



Fig.8: Imagem Cu-4,5 wt%Sb, aumento 200x. A temperatura de tratamento da liga de Cu-4,5 wt%Sb foi de 550°C durante 8h.

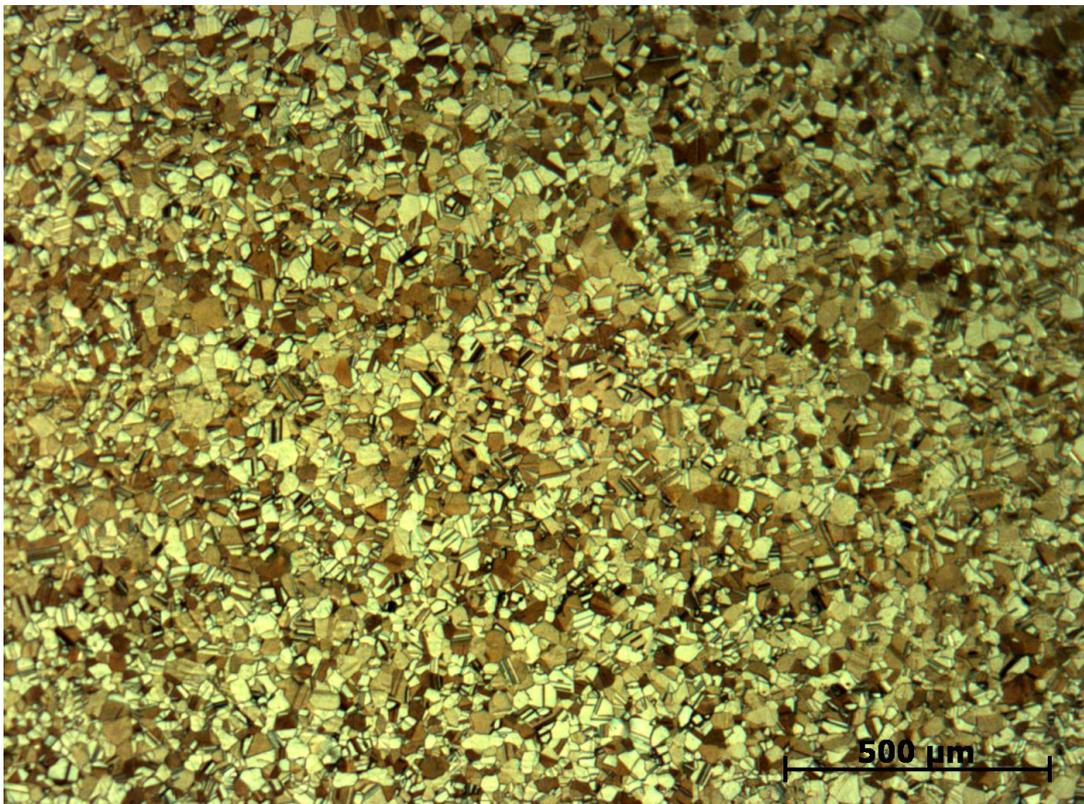


Fig.9: Imagem Cu-7,5 wt%In. A temperatura de tratamento da liga de Cu-7,5 wt%In foi de 600°C durante 20 minutos em forno tubular e após esse período foi feita laminação 80%.

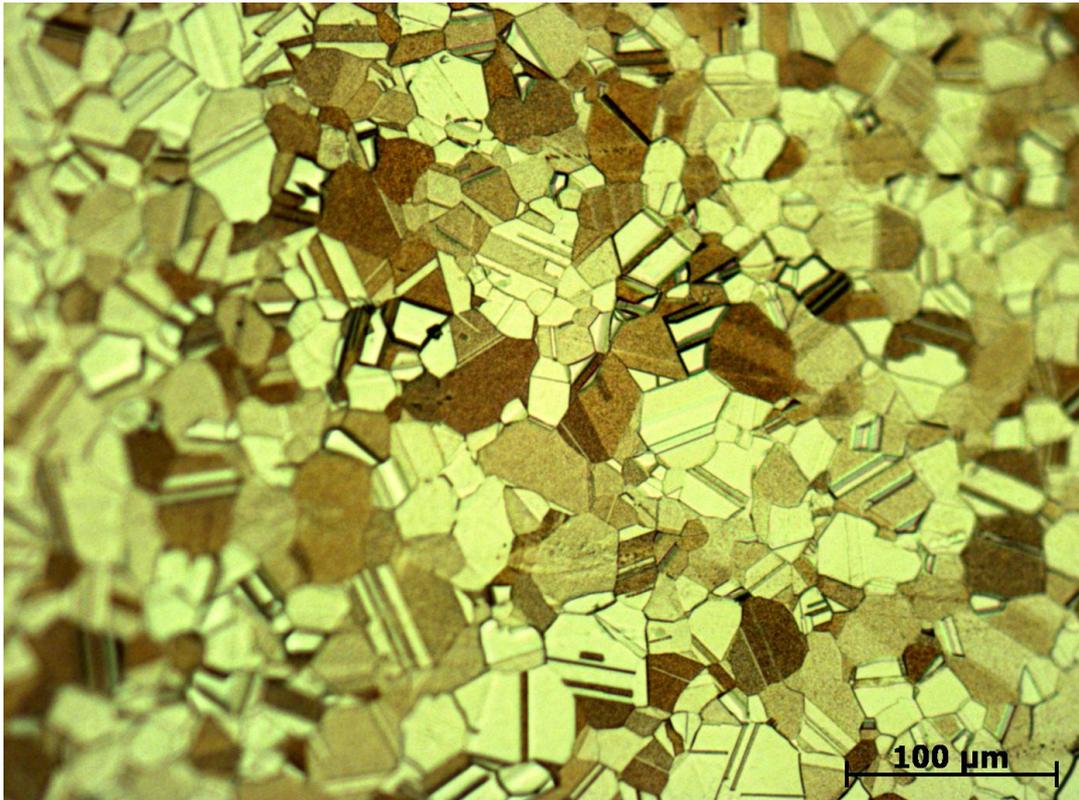


Fig.10: Imagem Cu-7,5 wt%In. A temperatura de tratamento da liga de Cu-7,5 wt%In foi de 600°C durante 20 minutos em forno tubular e após esse período foi feita laminação 80%.

O segundo tratamento feito foi o envelhecimento, onde ocorre a precipitação descontínua [1].

Na precipitação descontínua a interface atua como frente de reação, avançando sobre a matriz supersaturada do contorno de grão adjacente e deixando para trás uma estrutura lamelar. A Fig. 11 ilustra de forma esquemática o desenvolvimento da precipitação descontínua. Os modelos propostos para a iniciação da precipitação descontínua podem ser divididos em: migração do contorno de grão induzida por precipitação e precipitação em contorno de grão que se move estimulado por uma determinada força motriz interna. O primeiro modelo apresenta um processo de nucleação em forma de discos ou placas, em um lado do contorno de grão, com uma interface de mínima energia superficial ao longo do contorno. Do outro lado do contorno, o precipitado desenvolve uma interface de alta energia. Para eliminar este desequilíbrio energético, o contorno de grão migra para substituir a interface de maior energia pela de menor. Durante a movimentação do contorno, novos precipitados podem ser formados, localizando-se paralelamente ao primeiro e mantendo a orientação cristalográfica de baixa energia (Fig. 12). O outro modelo apresenta dois mecanismos, onde o primeiro sugere que no início do envelhecimento, o contorno de grão não ocupado move-se sob a influência da força da capilaridade. Após percorrer certa distância, o contorno é ocupado por alotriomorfos que se formam devido ao acúmulo de soluto na interface entre os grãos. A contínua segregação de soluto para os alotriomorfos proporciona o desenvolvimento destes como lamelas de fase β (Fig. 13). O segundo mecanismo propõe que o contorno de grão não ocupado move-se induzido por difusão e não pela força de capilaridade.

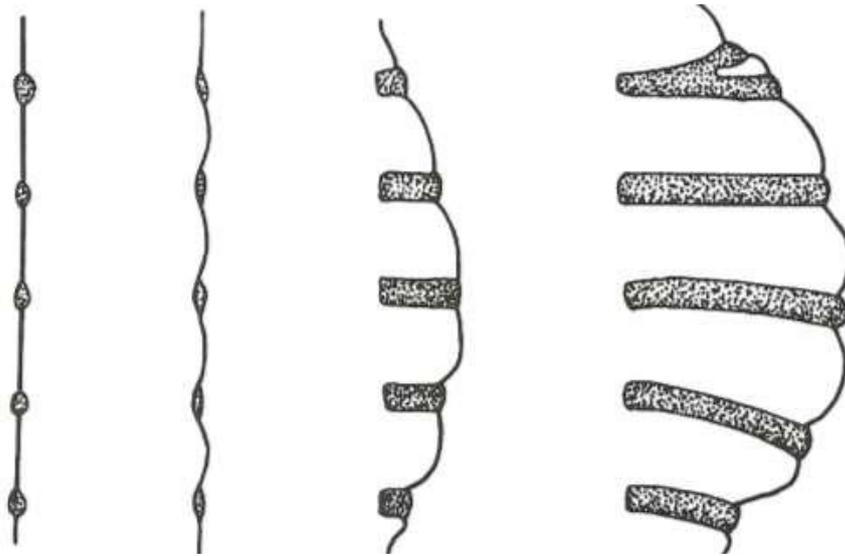


Fig.11: Ilustração esquemática mostrando os passos da sequência do processo do desenvolvimento da precipitação celular.



Fig.12: Mecanismo para a iniciação da precipitação descontínua a partir de um contorno de grão inicialmente ocupado.

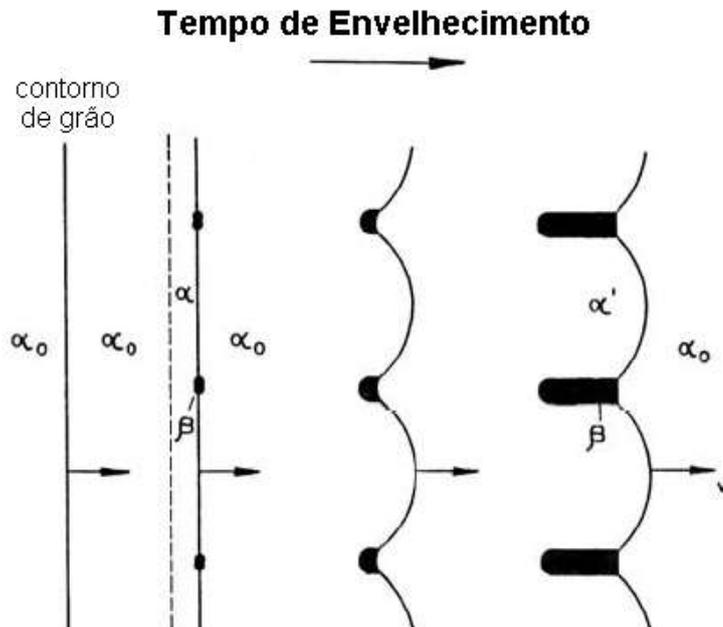


Fig.13: Mecanismo para a iniciação da precipitação descontínua a partir de um contorno de grão inicialmente não ocupado.

Para a liga de Cu-7,5 wt%In, o tratamento foi feito nas mesmas condições do anterior e para a liga de Cu-4,5 wt%Sb, foi de 300°C durante 8h. Em seguida foram feitos os respectivos polimentos e ataques em um exemplar de cada liga e feitas novas micrografias das amostras.



Fig.14: Imagem Cu-4,5 wt%Sb, aumento 100x. Tratamento à 300°C durante 8h.

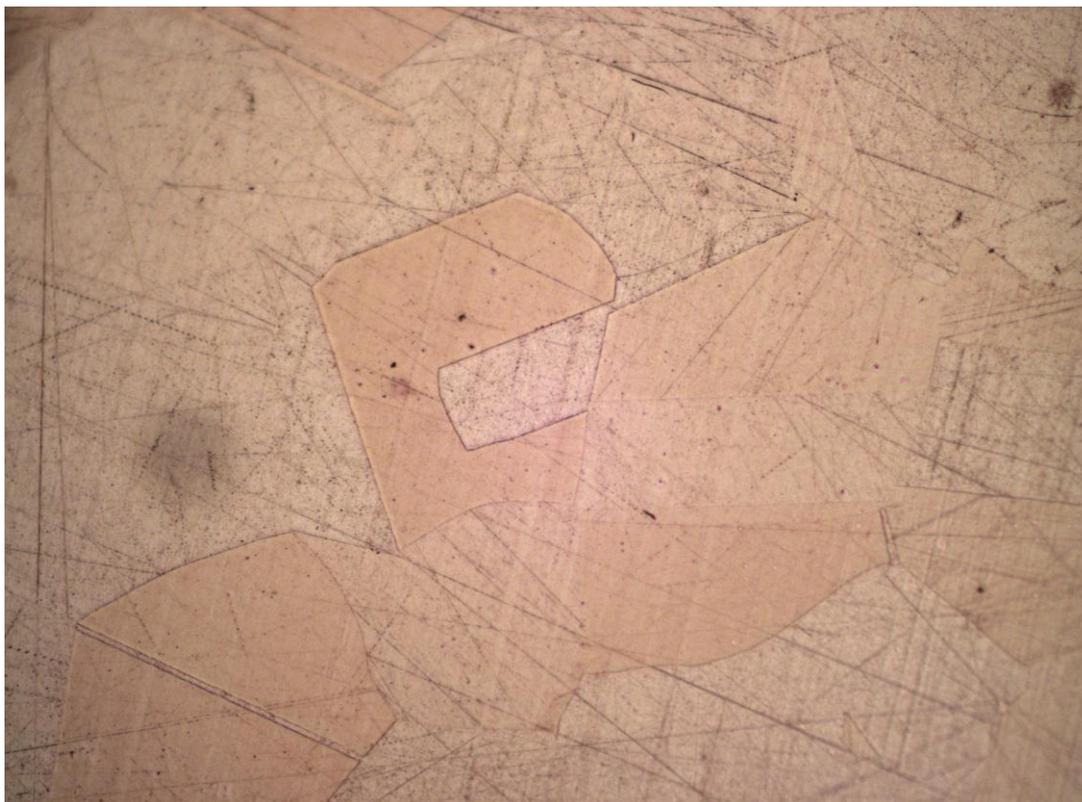


Fig.15: Imagem Cu-4,5 wt%Sb, aumento 200x.Tratamento à 300°C durante 8h.



Fig.16: Imagem Cu-4,5 wt%Sb, aumento 500x.Tratamento à 300°C durante 8h.

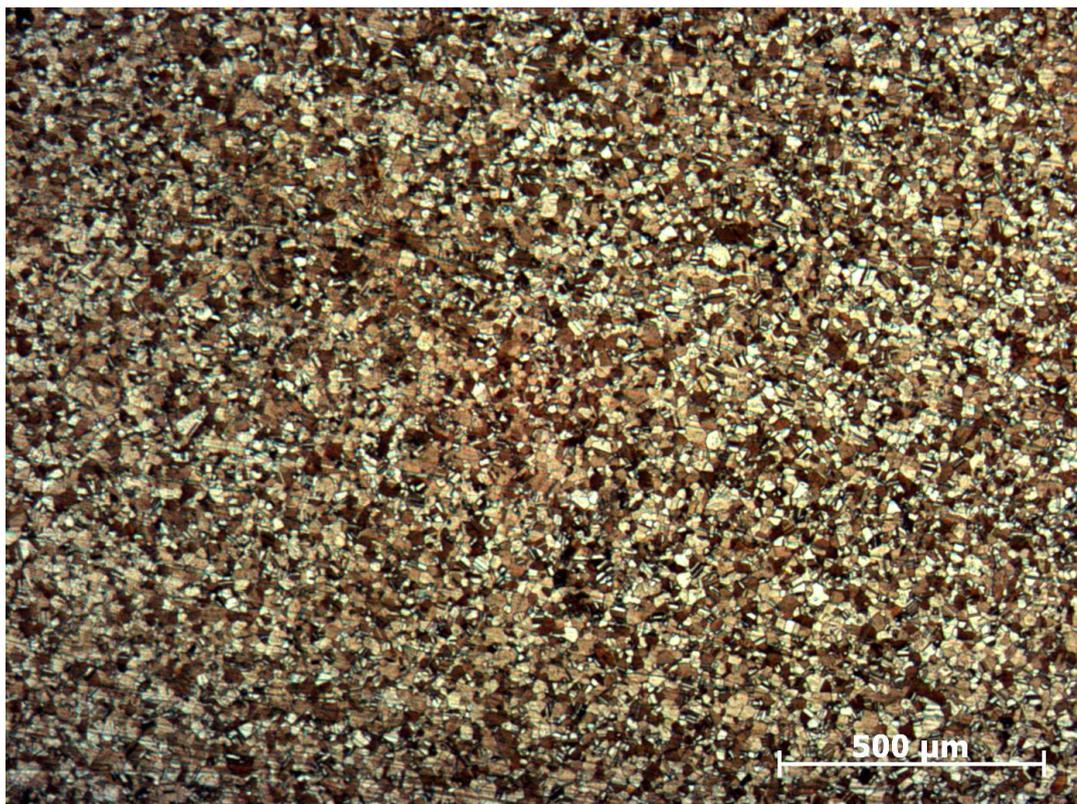


Fig.17: Imagem Cu-7,5 wt%In. A temperatura de tratamento da liga de Cu-7,5 wt%In foi de 600°C durante 20 minutos.

O terceiro tratamento foi o tratamento térmico de dissolução[1], onde ocorre dissolução descontínua. Para a liga de Cu-7,5 wt%In, a temperatura de tratamento foi de 375°C em forno tubular, porém, o tempo variou de 4h e 8h. Para a liga de Cu-4,5 wt%Sb, a temperatura de tratamento foi de 480°C, porém foram utilizados diferentes tempo de tratamento, 30s e 180s. Em seguida foram feitos os respectivos polimentos e ataques em um exemplar de cada liga e feitas novas micrografias das amostras.

Os resultados das análises foram obtidos através dos recursos do microscópio óptico, no qual foram utilizados os modos campo claro. No modo campo claro, normalmente, a luz que é absorvida ou desviada pela amostra não é capturada pela objetiva, de forma que os objetos que causaram esta absorção ou desvio aparecem escuros contra um fundo claro.

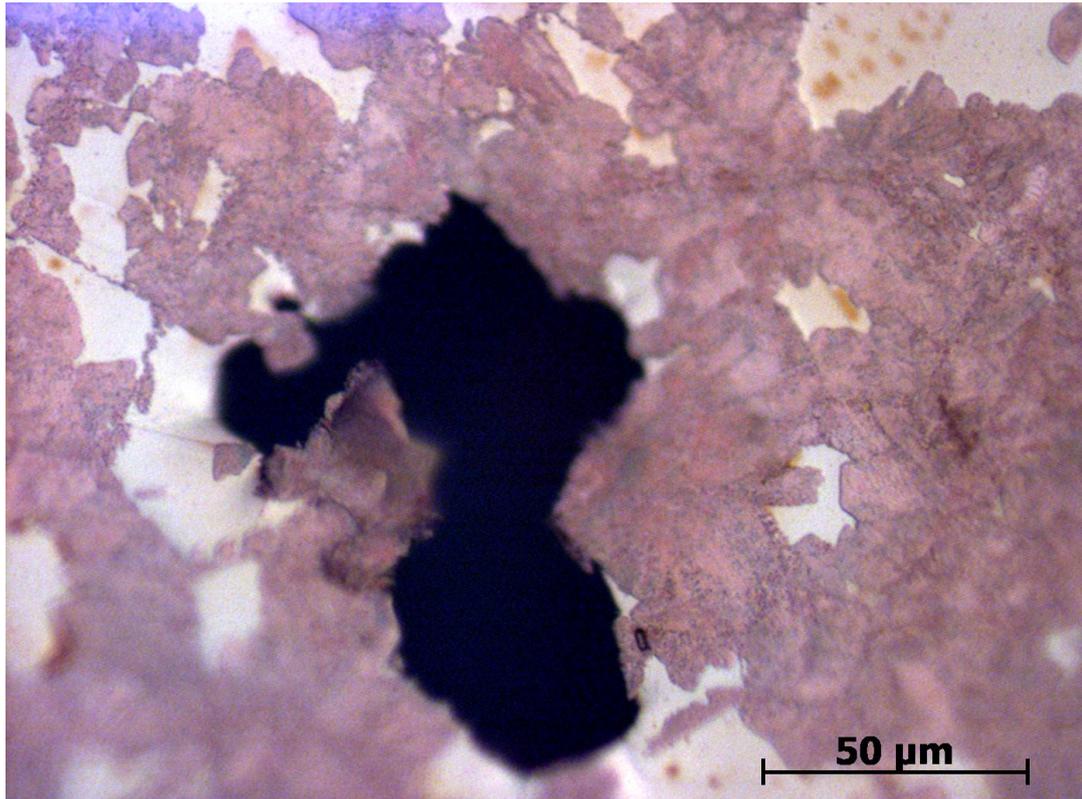


Fig.18: Imagem Cu-7,5 wt%In. A temperatura de tratamento da liga de Cu-7,5 wt%In foi de 375°C durante 8h.

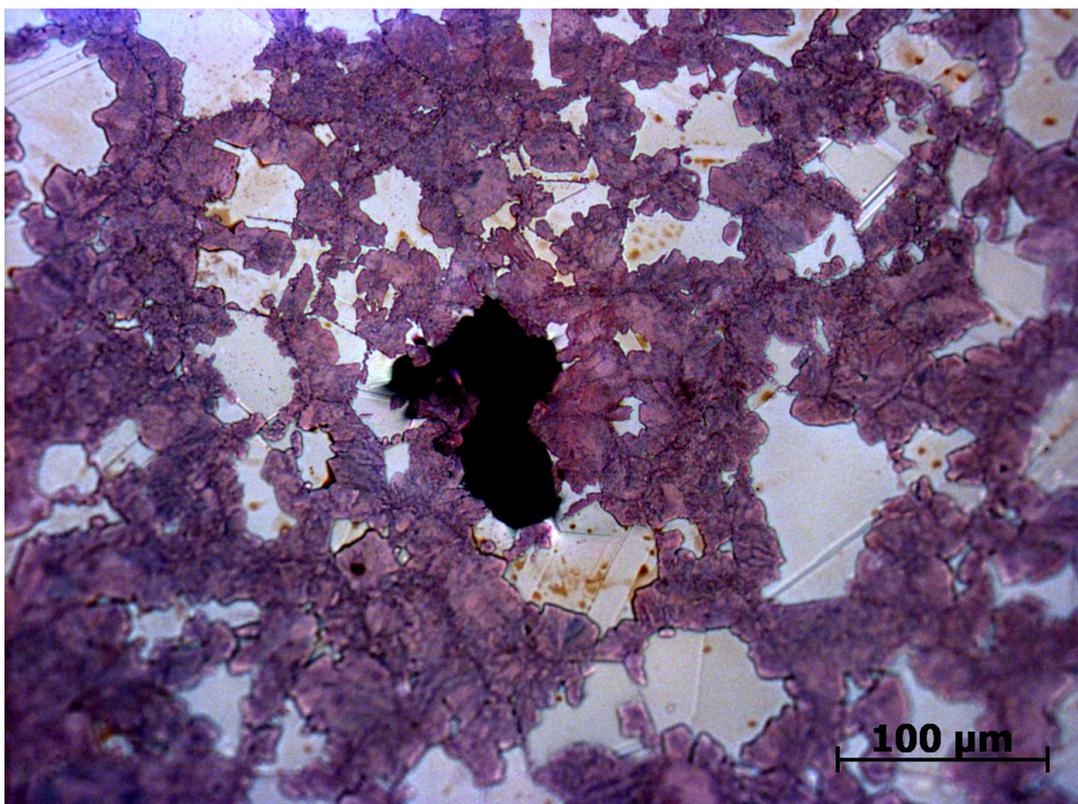


Fig.19: Imagem Cu-7,5 wt%In. A temperatura de tratamento da liga de Cu-7,5 wt%In foi de 375°C durante 8h.

Conclusões

O estudo feito permitiu uma maior compreensão do comportamento das ligas à base de cobre ao sofrerem tratamentos térmicos específicos bem como da cinética das reações descontínuas. Foram feitas as aplicações experimentais estudadas e através dos resultados obtidos das caracterizações realizadas através de micrografia feita em microscópio óptico foi possível comparar e ver na prática os estudos teóricos realizados.

Referências

- 1 – Manna, S.K. Pabi and W. Gust. *International Materials Reviews*. 2001, vol. 46, Nº. 2, 53.
- 2 - Metals Handbook - Volume 03 - Alloy Phase Diagrams
- 3 - Metals Handbook - Volume 9 - Metallography And Microstruct
- 4 - Metals HandBook - Volume 10 - Materials Characterization
- 5 - David A. Porter, K.E. Easterling - Phase Transformations in Metals and Alloys (1981, Paperback, Illustrated)