

ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DE UMA LIGA COM MATRIZ DE ALUMÍNIO*

Matheus da Silva Domingos¹

Paulo Davi Borges Esteves²

Eduardo Hoisler Sallet³

João Vitor Baptista Salgado⁴

Ana Carolina Goulart de Andrade⁵

Andersan dos Santos Paula⁶

Marcelo Henrique Prado da Silva⁷

Resumo

A obtenção comercial do alumínio metálico tornou-se viável a partir de 1886. A partir deste ponto o alumínio teve o seu uso mais intensificado graças a suas propriedades físicas, mecânicas, elétricas e térmicas que são de grande aplicabilidade (principalmente a sua baixa densidade aliada a uma boa resistência a tração). A adição de elementos de liga em uma matriz de alumínio proporciona mudanças em suas características, que podem ser modificadas a fim de atender as mais diversas necessidades industriais. Este trabalho tem por finalidade a caracterização de uma liga de alumínio que possui elementos de ligadesconhecidos.

Palavras-chave: Caracterização; Alumínio; Elementos de liga

STUDY AND CHARACTERIZATION OF AN ALUMINUM MATRIX ALLOY

Abstract

Commercialization of metallic aluminum became feasible around 1886. From this point on aluminum has had its use broadened due to its physical, mechanical, electrical and thermal properties, that are of great applicability (mainly its low density alongside its high tensile strength). The addition of alloying elements in an aluminum matrix provides changes in its characteristics, which can be shaped to meet the most diverse industrial needs. This work aims to characterize an aluminum alloy that has unknown alloying elements.

Keywords: Characterization; Aluminum; Alloy elements

¹ Graduando em Engenharia de Materiais, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Graduando em Engenharia de Materiais, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Graduando em Engenharia de Materiais, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ Graduando em Engenharia de Materiais, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁵ Graduando em Engenharia de Materiais, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁶ Engenheira metalúrgico, D.Sc; Professor, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁷ Engenheiro metalúrgico, D.Sc; Professor, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

Há diversas aplicações das ligas de alumínio na indústria, como por exemplo na fabricação de componentes aeronáuticos e de bens de consumo. Na atividade industrial, é de suma importância atestar a qualidade da matéria prima empregada a fim de garantir a eficiência do produto final. A caracterização das ligas de alumínio fornecidas como matéria prima permite uma avaliação de suas propriedades, podendo assim serem aprovadas ou rejeitadas para os fins aos quais estas se destinam. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo a caracterização de uma liga de alumínio utilizando as seguintes técnicas de caracterização e análise: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia de Raios X por Dispersão de Energia (EDS) e Difração de Raios X (DRX).

1.2 REVISÃO DA LITERATURA

Uma das características que torna o alumínio muito utilizado na indústria é a facilidade de manipulação de suas propriedades pela adição de elementos de liga. Esta adição permite que as propriedades originais do alumínio puro sejam alteradas a fim de se obter resultados que tenham interesse econômico. Como principais exemplos de melhora das propriedades podem-se elencar: a adição de magnésio, ferro ou manganês, que proporcionam um aumento da resistência por solução sólida; a adição de silício, que aumenta resistência à corrosão e a fluidez da fundição. Os principais ligantes utilizados na indústria são: silício, manganês, cobre, magnésio, enxofre, lítio e ferro [1].

O alumínio e suas ligas podem ser divididos em duas categorias: as de alumínio para trabalho mecânico e as de alumínio para fundição. No caso da primeira categoria, os ligantes são endurecedores, sendo o mais utilizado o magnésio. No caso das ligas para fundição, o silício é usado em teores de até 13%, melhorando a fluidez do material. Além disso, o silício também diminui a porosidade e melhora a soldabilidade [2].

Nas ligas de alumínio com silício, a adição de cobre proporciona o aumento da resistência mecânica e as torna termicamente tratáveis. A presença de cobre aumenta a usinabilidade e, entretanto, diminui a fluidez, aumenta a fragilidade e diminui a resistência a corrosão. Quando o alumínio, silício e cobre estão coexistindo no mesmo material, as fases presentes são Al_2Cu e Silício, dado que a presença de cobre diminui a solubilidade do silício [3].

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

2.1.1 Difração de raios X

A análise das principais fases presentes na amostra foi realizada através da difração de raios x, realizada no equipamento Panalytical MRDX'Pert PRO. Este equipamento possui um anodo de cobalto e foi utilizado filtro de ferro de espessura de 0,016 mm com foco do tipo linha. Os parâmetros de operação utilizados foram de 40 kV e 45 mA e o detector dos raios x difratados é da marca Pixel.

2.1.2 Microscopia Eletrônica de Varredura e Espectroscopia de Raios X por Dispersão de Energia (EDS)

A análise morfológica da amostra foi realizada em um microscópio eletrônico de varredura com fonte de emissão de campo FEI Quanta FEG 250, com espectrômetro de raios X por dispersão de energia (EDS) acoplado.

Para obter-se informações da morfologia e do relevo da amostra foi utilizado o detector de elétrons secundários do equipamento, e para se ter informações sobre peso atômico foi utilizado o detector de elétrons retroespalhados (BSE).

A função de mapeamento do EDS foi utilizada para se verificar as regiões com concentrações de elementos distintos e relacioná-las com a morfologia da região.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Resultados da análise microestrutural (MEV)

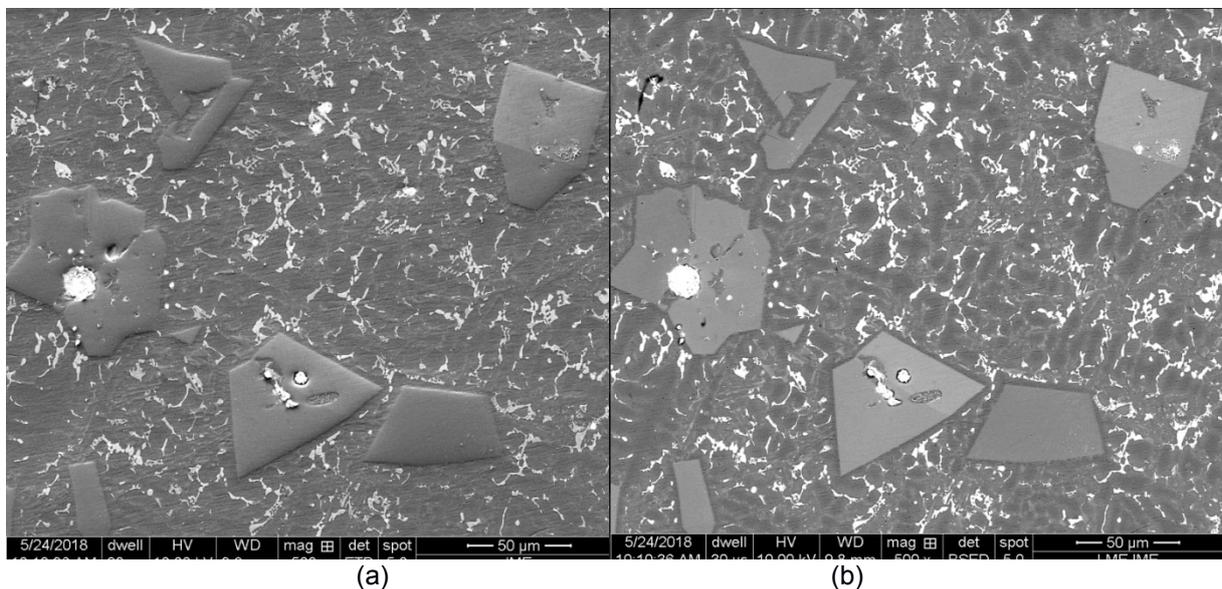


Figura 1. Eletromicrografia em MEV-FEG com detector de elétrons secundários (a) e com detector de elétrons retroespalhados (b), ampliação de 500 vezes.

As eletromicrografias obtidas da superfície mostraram a presença de diferentes microestruturas (1a). Regiões de placas mais elevadas se destacaram da matriz, apresentando contornos bem definidos e sendo formadas por elementos mais pesados que a matriz, o que é indicado pelo maior sinal obtido (1b).

Foi observada também a presença de uma estrutura lamelar sobreposta apenas a matriz, que é formada por elementos pesados, ao passo que as regiões de matriz são majoritariamente formadas por elementos mais leves (1b).

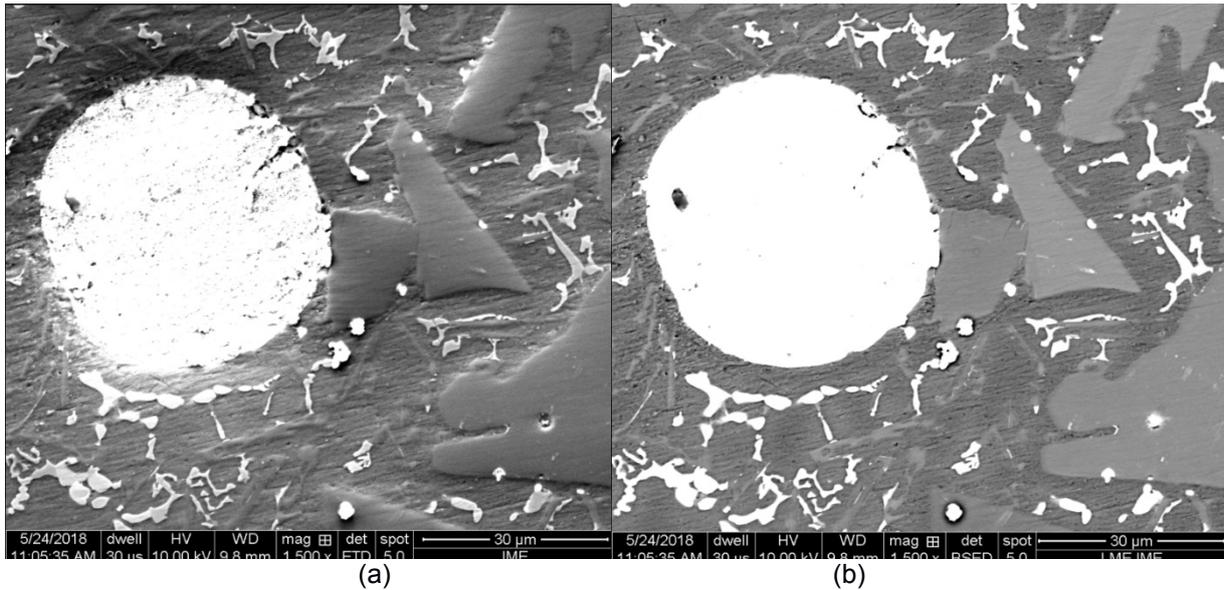


Figura 2. Eletromicrografia em MEV-FEG com detector de elétrons secundários (a) e com detector de elétrons retroespalhados (b), ampliação de 1500 vezes.

Foi observada a presença de grandes aglomerados circulares em várias regiões na superfície da amostra (2a), sendo estas mais elevadas que a matriz e formadas por elementos pesados (2b).

A partir de diferenças em pesos atômicos e pela constatação da existência de diferentes microestruturas, foi possível supor que a liga é formada por diversos elementos.

As microestruturas se mostraram bem diferenciadas, com pouca intersecção ou sobreposição, indicando uma boa segregação dos materiais para a consolidação das fases.

2.2.2 Resultados da análise composicional (EDS)

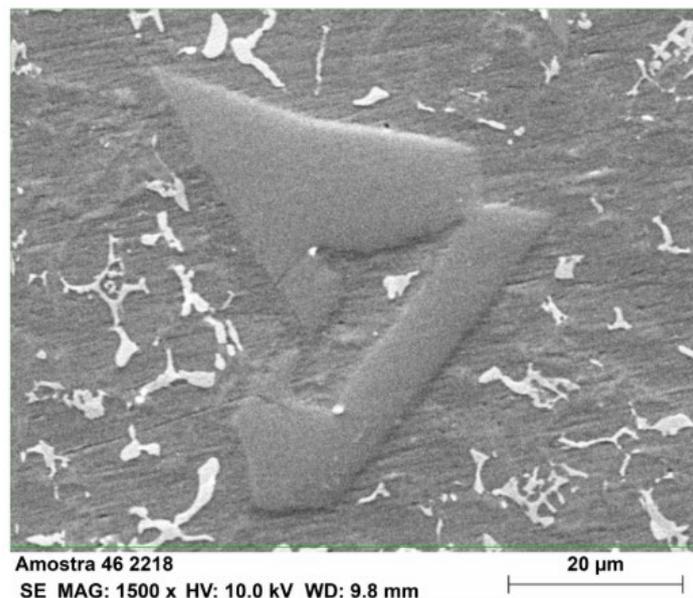


Figura 3. Eletromicrografia em MEV-FEG com detector de elétrons secundários da região a ser mapeada, ampliação de 1500 vezes.

A Figura 3 mostra uma região que apresenta 3 microestruturas distintas do material, onde foi realizado um mapeamento por EDS. O mapeamento foi feito por meio de uma varredura buscando diversos elementos prováveis de comporem a liga. As seguintes Figuras mostram permutações dos elementos detectados na região.

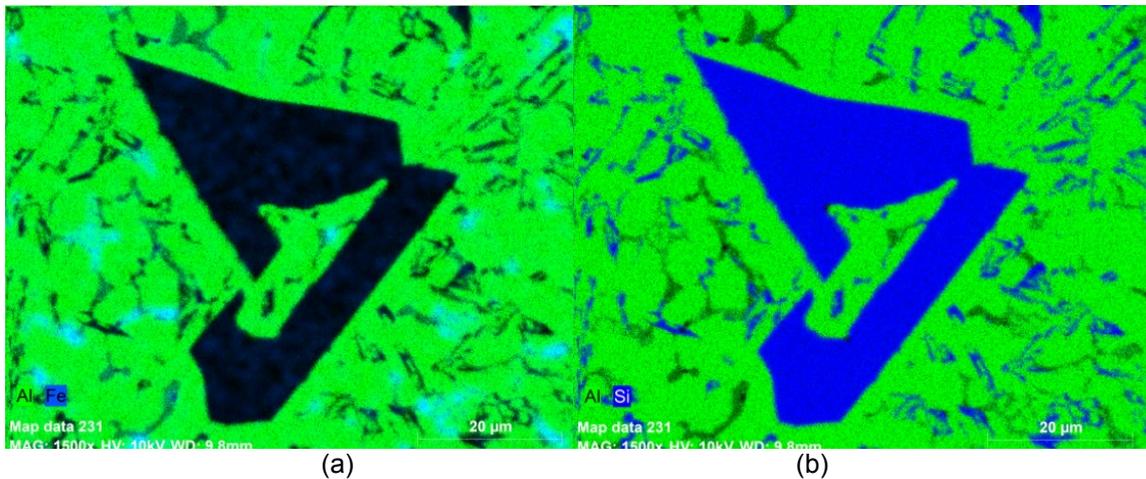


Figura 4. Mapa de varredura por EDS para Al e Fe (a), e Al e Si (b), ampliação de 1500 vezes.

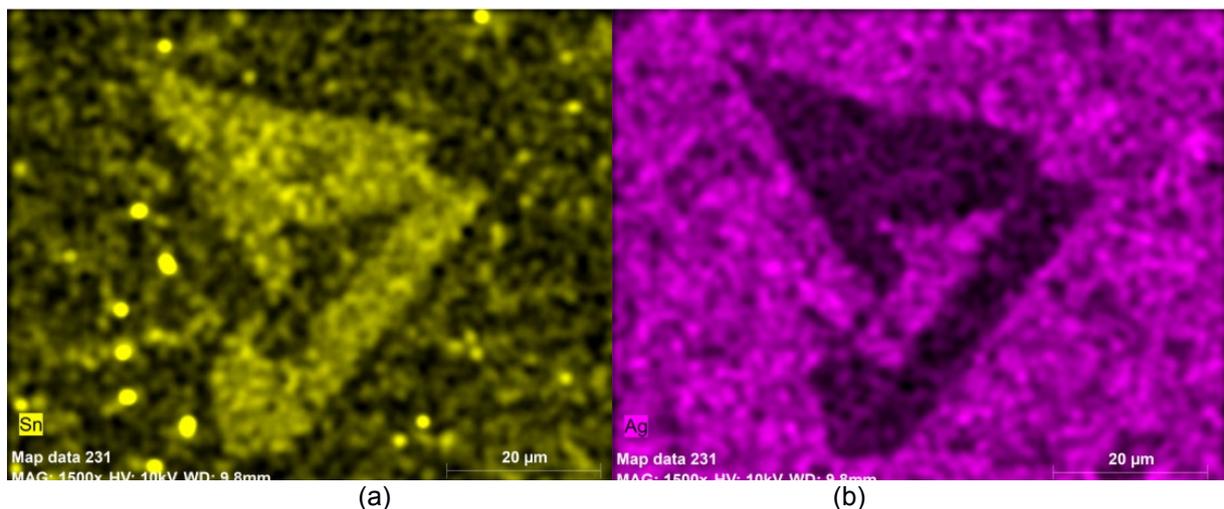


Figura 5. Mapa de varredura por EDS para Sn (a), e Ag (b), ampliação de 1500 vezes.

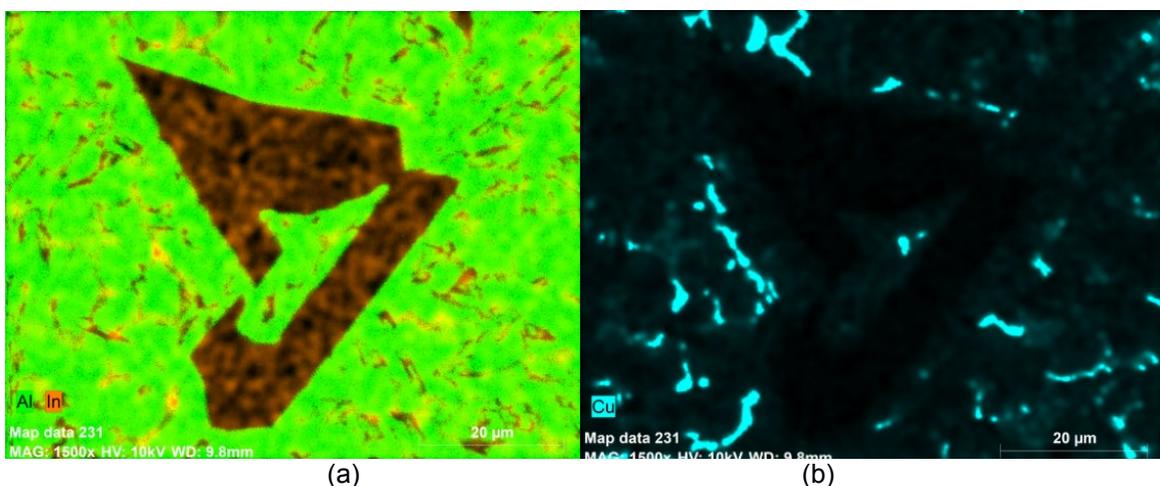


Figura 6. Mapa de varredura por EDS para Al e In (a), e Cu (b), ampliação de 1500 vezes.

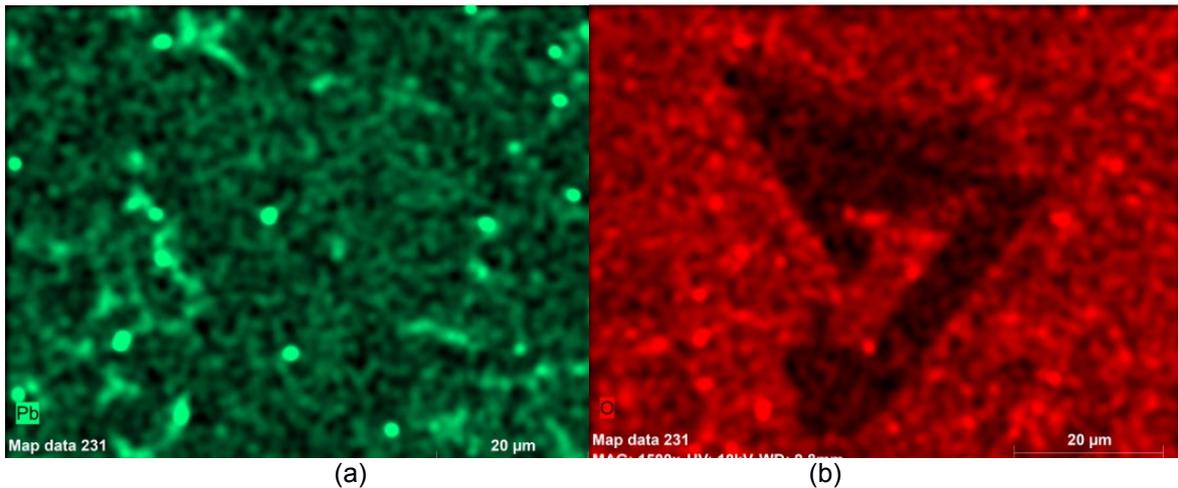


Figura 7. Mapa de varredura por EDS para Pb (a), e O (b), ampliação de 1500 vezes.

A estrutura central bem definida é rica em silício, apresentando elementos como ferro, chumbo, índio, oxigênio, prata e estanho em menores quantidades, sem a presença de alumínio ou cobre em sua composição.

As lamelas são ricas em cobre, chumbo, índio e estanho.

A matriz é formada por alumínio, bem segregada do silício. Nela, há boa dissolução de prata, estanho, chumbo e oxigênio. Esses resultados são condizentes com as informações de peso atômico obtidas pelas eletromicrografias de elétrons retroespalhados.

A presença de cobre na liga reduziu a solubilidade do silício [3], acarretando uma grande segregação de silício em placas como visto nas Figuras anteriores. Ligas de alumínio e silício sem a adição de cobre apresentariam fases dendríticas, como verificado por Malavazi [1].

Outra região com estrutura circular foi mapeada por EDS, fornecendo as seguintes informações nas Figuras:

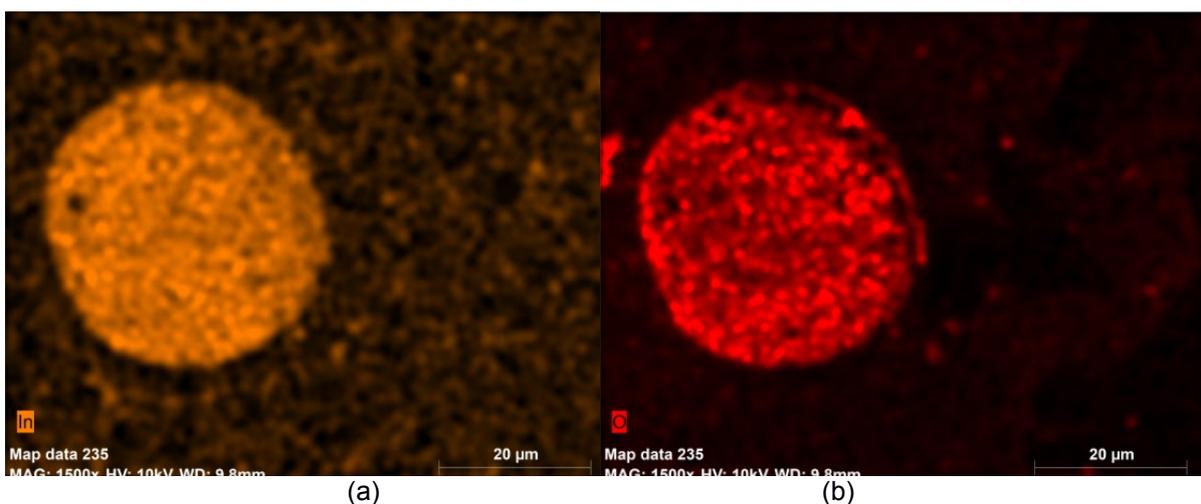


Figura 8. Mapa de varredura por EDS para In (a), e O (b), ampliação de 1500 vezes.

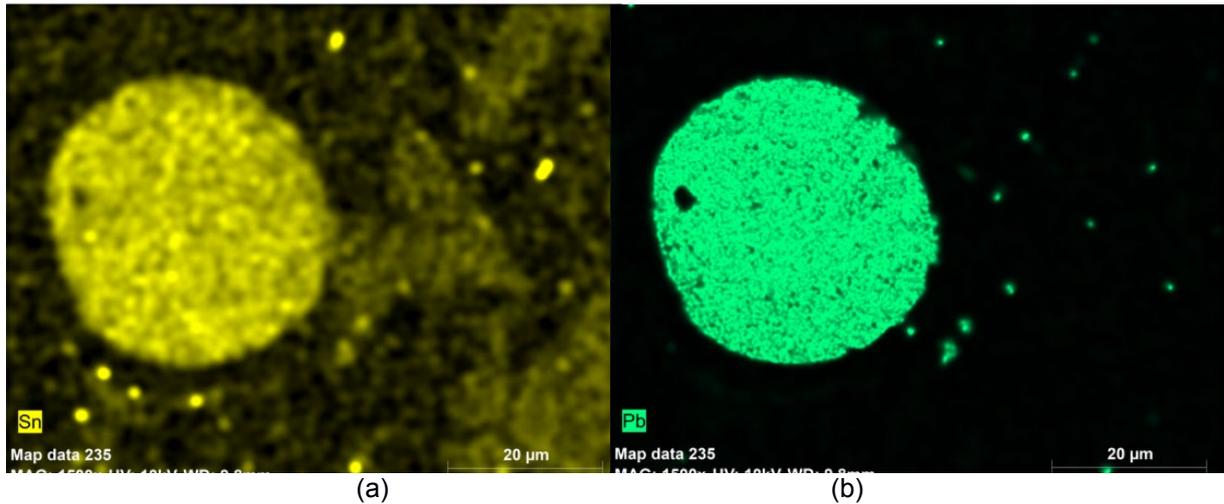


Figura 9. Mapa de varredura por EDS para Sn (a), e Pb (b), ampliação de 1500 vezes.

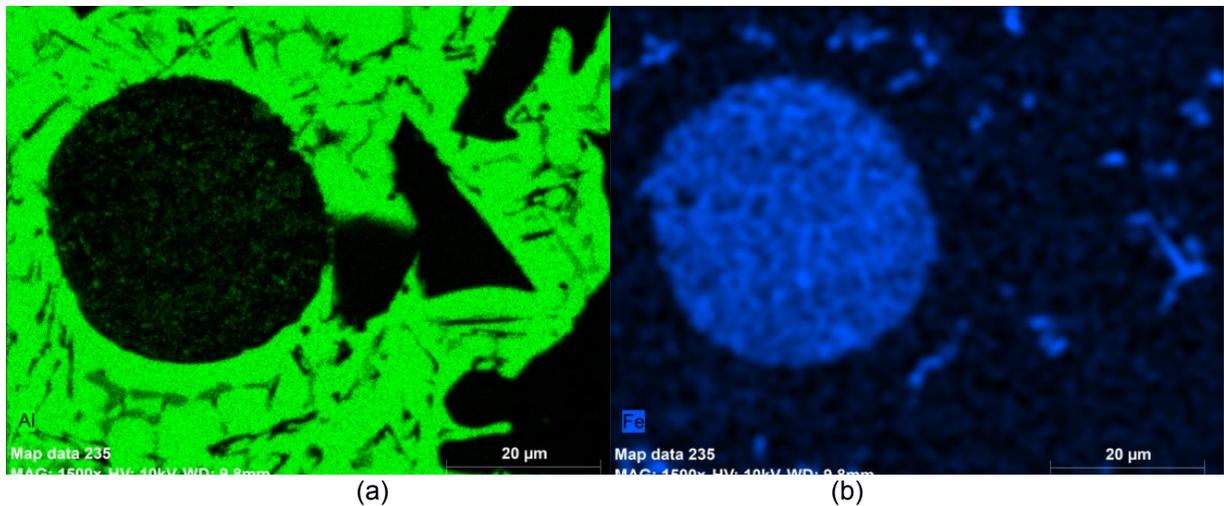


Figura 10. Mapa de varredura por EDS para Al (a), e Fe (b), ampliação de 1500 vezes.

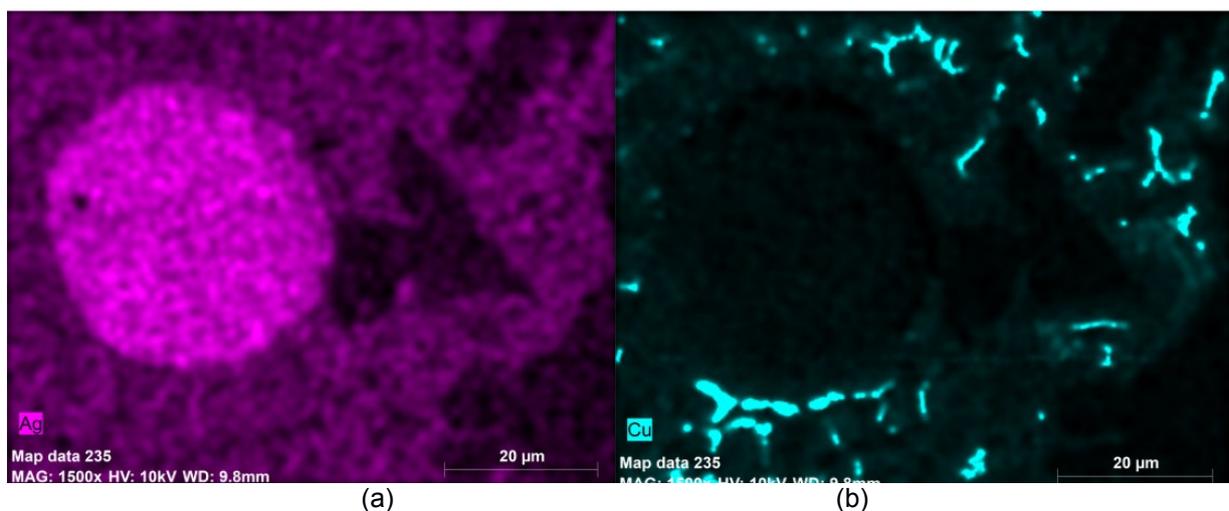


Figura 11. Mapa de varredura por EDS para Ag (a), e Cu (b), ampliação de 1500 vezes.

As regiões de estrutura circulares são formadas majoritariamente por elementos mais pesados, como chumbo, prata, ferro, índio e estanho, sendo que esses

elementos, com exceção do chumbo, também são encontrados em menor quantidade solubilizados na matriz de alumínio.

As características atômicas semelhantes dos elementos de maior número atômico, com raio atômico, favoreceram a consolidação da estrutura circular observada nas Figuras.

2.2.3 Resultados do DRX

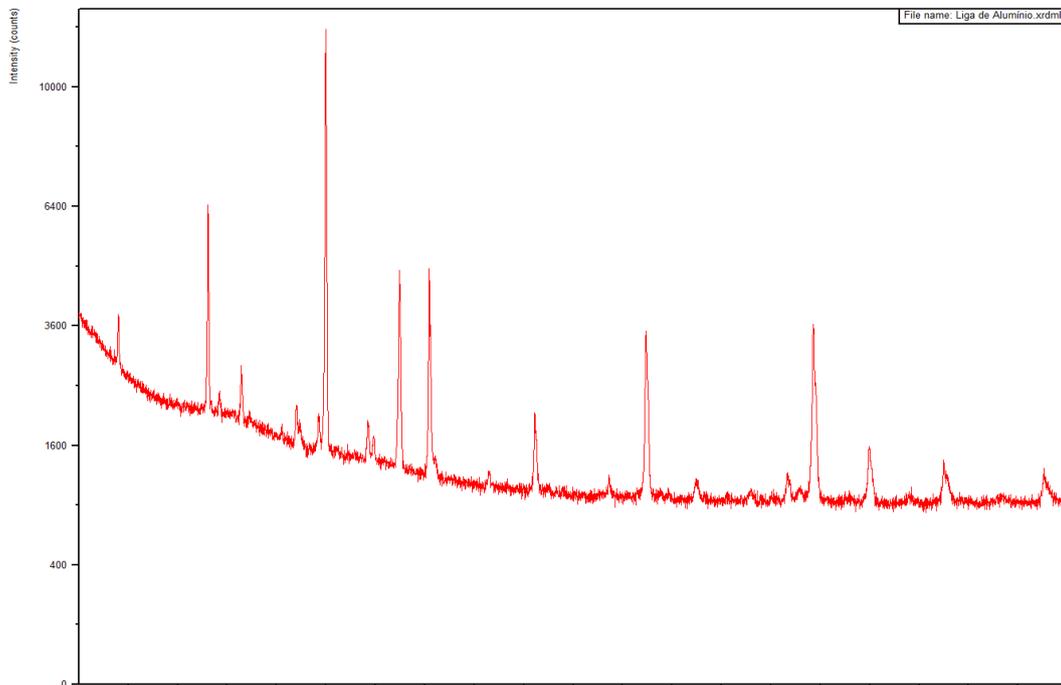


Figura 12. Difratograma da liga, de 20° a 120°.

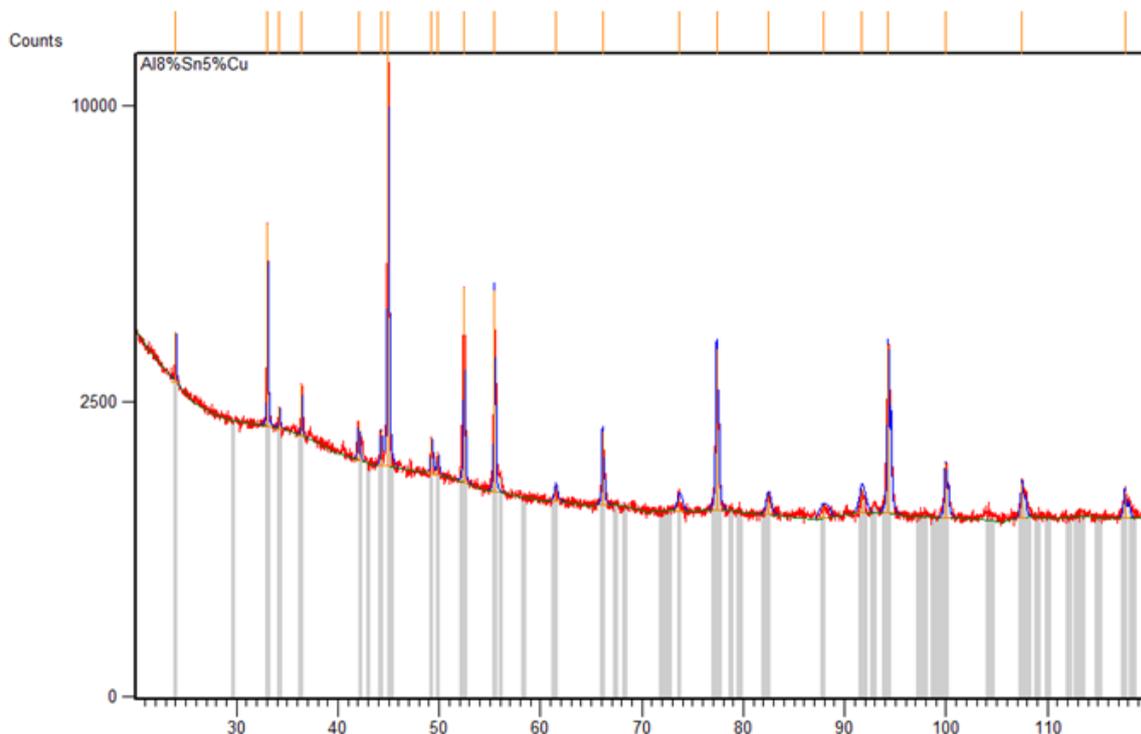


Figura 13. Difratograma da liga com picos indexados, e relação das fases identificadas.

Position [°2Theta]

No.	Visible	Ref. Code	Compound Name	Chemical Formula	Score	SemiQuant [%]
1	<input checked="" type="checkbox"/>	03-065-5779	Indium Lead	In _{0.15} Pb _{0.85}	42	-
2	<input checked="" type="checkbox"/>	01-087-0719	Silver 3C	Ag	32	-
3	<input checked="" type="checkbox"/>	03-065-4374	Copper Tin	Cu ₃ Sn	27	-
4	<input checked="" type="checkbox"/>	00-001-1262	Iron	Fe	29	-
5	<input checked="" type="checkbox"/>	00-027-1402	Silicon, syn	Si	67	-
6	<input checked="" type="checkbox"/>	03-065-2695	Aluminum Copper	Al ₂ Cu	42	-
7	<input checked="" type="checkbox"/>	00-003-0932	Aluminum	Al	22	-

Figura 14. Fichas cristalográficas referentes à indexação do difratograma indicada na Figura 13.

O difratograma, conjugado com os resultados do EDS, possibilitou a identificação das principais fases formadas no material que apresentavam concentração suficientemente significativas para serem detectadas.

As fases identificadas pela indexação do difratograma são: Al, Al₂Cu, Si, Fe, Cu₃Sn, Ag e In_{0,15}Pb_{0,85}.

A extensa matriz de alumínio apresenta as fases de Al, Al₂Cu, e Ag, predominantemente.

As fases Fe, In_{0,15}Pb_{0,85}, Cu₃Sn se concentram nas regiões de elementos pesados vistas nas Figuras 1b e 2b. O silício se apresenta de forma mais segregada, com menos elementos solubilizados.

3 CONCLUSÃO

O estudo e caracterização da liga apontaram para uma composição de alumínio, silício ferro, cobre, chumbo, estanho, índio e oxigênio. As diferentes estruturas encontradas apresentavam consideráveis variações de composição, decorrente de um processo de segregação por afinidade no material.

A realização de um ensaio de microdureza permitiria um estudo mais profundo das propriedades da liga, ao avaliar individualmente as propriedades de cada fase identificadas na eletromicrografia.

A identificação das fases presentes no material fornece informações importantes sobre as características físicas da liga, podendo-se inferir regiões de concentração de tensão ou presença de elementos segregados. Uma pesquisa bibliográfica relacionada às fases e à composição da liga pode ajudar a inferir características do material, facilitando a realização de mais caracterizações e de aplicações da liga estudada.

REFERÊNCIAS

- 1 Malavazi J. *Caracterização microestrutural dos compostos intermetálicos e seu efeito no comportamento mecânico nas ligas de Al-9%Si com adições de Fe e Mn*. 2013. 79f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo. 2013.
- 2 Martins M. *Estudo do comportamento das ligas de alumínio 6061 e 6082*. 2008. 130f. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. Aveiro. 2008
- 3 Ligas Al-Si [página da internet]. Infomet [acesso em 05 jun. 2018]. Disponível em: <http://www.infomet.com.br/site/metais-e-ligas-conteudo-ler.php?codAssunto=52>.