

TALITA ALMEIDA VIDA DE BRITO

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DOS ELEMENTOS OBTIDOS A PARTIR DA
RECICLAGEM DA BATERIAS DE ÍON DE LÍTIO PARA A PRODUÇÃO DE LIGAS
DE ALUMÍNIO AERONÁUTICO**

um passo em direção à economia circular

Relatório de Pós-doutorado realizado na
Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Engenharia, São João da
Boa Vista

Supervisor: Prof. Dr. José Augusto de
Oliveira

São João da Boa Vista-SP

2025

RESUMO

Este projeto propõe o desenvolvimento de ligas de alumínio Al, com adição dos elementos Mn e/ou Co, provenientes da reciclagem de baterias de íons de lítio para a reinserção destes metais em novos ciclos de vidas de produtos. Assim, por meio do fechamento do ciclo de vida das baterias e de seus metais, esta pesquisa almeja contribuir para a Economia Circular em diversos setores econômicos, cabendo destacar o aeronáutico e o eletrônico. O objetivo principal é investigar o impacto da adição desses elementos nas propriedades microestruturais e mecânicas das ligas, visando otimizar seu desempenho para aplicações aeronáuticas/aeroespaciais. Além disso, o projeto visa atender aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em particular os ODS 12 e 13, ao reduzir a dependência de recursos primários e mitigar o impacto ambiental por meio da reciclagem de materiais e da economia circular. Também está alinhado com as diretrizes estabelecidas pelo Art. 2º da Portaria MCTIC nº 1122/2020, na especificidade Espacial, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a inovação em áreas com aplicações indiretas no setor espacial. O projeto inclui a produção e caracterização das ligas, realização de ensaios mecânicos, avaliação do ciclo de vida, correlação entre resistência mecânica e microestrutural, entre outras etapas. Espera-se que os resultados obtenham insights essenciais para o planejamento de condições de processamento e aprimoramento das propriedades finais das ligas, contribuindo para avanços na tecnologia de materiais aeronáuticos de forma sustentável.

Palavras chaves: Ligas de Al, Reciclagem de baterias de íons de lítio, Materiais aeroespaciais sustentáveis, Economia circular.

ABSTRACT

This project proposes the development of aluminium (Al) alloys with the addition of Mn and/or Co elements recovered from lithium-ion battery recycling, aiming to reintegrate these metals into new product life cycles. By closing the life cycle of batteries and their constituent metals, this research seeks to contribute to the Circular Economy across various economic sectors, particularly the aerospace and electronics industries. The main objective is to investigate the impact of these alloying elements on the microstructural and mechanical properties of the alloys, with the aim of optimising their performance for aerospace applications. Furthermore, the project aligns with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), specifically SDGs 12 and 13, by reducing dependence on primary resources and mitigating environmental impact through material recycling and circular economy strategies. It also complies with the guidelines established in Article 2 of MCTIC Ordinance No. 1122/2020, under Space specificity, contributing to technological development and innovation in fields with indirect applications in the space sector. The project encompasses the production and characterisation of the alloys, mechanical testing, life cycle assessment, and correlation between mechanical strength and microstructure, among other stages. The expected outcomes include essential insights for processing condition planning and the enhancement of final alloy properties, supporting sustainable advances in aerospace materials technology.

Keywords: Al Alloys, Lithium-Ion Battery Recycling, Sustainable Aerospace Materials, Circular Economy.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas as ligas de alumínio têm sido um dos principais materiais aplicados na fabricação de componentes aeronáuticos e automobilísticos, devido suas características consolidadas em desempenho, métodos de projeto, fabricação e técnicas de inspeção. Com o desenvolvimento da metalurgia de transformação, as tradicionais ligas da série 2xxx e 7xxx evoluíram e hoje são competitivas na fabricação de constituintes mecânicos, estruturais ou compondo compósitos laminares metálicos, a exemplo do material conhecido como GLARE [1].

A resistência específica, isto é, a relação da resistência com a massa específica, é uma das principais qualidades das ligas de alumínio. Para a indústria aeronáutica, a redução de peso das aeronaves pode reduzir o consumo de combustível, aumentar a capacidade de carga e aumentar o alcance de uma viagem. Sob esta ótica, os fabricantes de aeronaves estão sempre competindo para atender aos requisitos de seus clientes, as companhias aéreas. Adicionalmente, o desenvolvimento de novas tecnologias de fabricação e de novos materiais permite obter propriedades mecânicas aprimoradas, podendo resultar no aumento do período entre a manutenção e reduzir os custos de reparo [2].

A rota hidrometalúrgica [3] oferece uma solução eficiente e com baixo potencial de impactos ambientais para a obtenção dos elementos Mn ou Co a partir da reciclagem de baterias de íons de lítio, como aquelas encontradas em equipamentos eletrônicos e veículos automotivos. A crescente demanda por baterias de íons de lítio, impulsionada pela sua ampla aplicação em eletrônicos de consumo, armazenamento de energia estacionário e especialmente em veículos automotores e aeronáuticos, torna essencial a implementação de práticas de reciclagem para mitigar o impacto ambiental e superar os desafios de escassez de elementos valiosos, como lítio, cobalto, níquel e manganês.

A tecnologia [3] utiliza hidrometalurgia e pode ser aplicada a células de lítio cobalto óxido (LCO) e óxido de lítio níquel manganês cobalto (NMC), recuperando eficientemente os materiais ativos e outros elementos presentes nas células das baterias. Esta técnica demonstra taxas de eficiência de recuperação superiores a 90% para o óxido metálico catódico LCO e 80% para

as células de NMC, empregando reagentes relativamente econômicos e de baixo potencial ambientalmente prejudicial. Além disso, os subprocessos são projetados de acordo com os preceitos da Economia Circular, visando minimizar o impacto ambiental, reduzir custos operacionais e garantir a segurança no trabalho, o que favorece a escalabilidade industrial.

O emprego dos elementos Mn e/ou Co recuperados pela técnica hidrometalúrgica [3] como elementos de liga para o desenvolvimento de ligas de alumínio para aplicações aeronáuticas apresenta diversas vantagens. Essencialmente, essa recuperação promove a diminuição da dependência de matérias-primas e está em consonância com os conceitos de sustentabilidade e economia circular. Além disso, o emprego desses elementos recuperados como componentes das ligas pode oferecer benefícios significativos do ponto de vista da sustentabilidade. No entanto, do ponto vista metalúrgico, é necessário avaliar as características microestruturais, e como será o comportamento mecânico das ligas de alumínio produzidas com estes elementos.

A estrutura bruta de solidificação de ligas é fundamental no processo de produção de componentes metálicos, pois a ocorrência de defeitos resultará em prejuízos significativos nas operações posteriores de fabricação. Do ponto de vista metalúrgico é importante o estudo da solidificação de metais e ligas em sistemas metal/molde, onde o molde confere forma à peça produzida e transfere calor do metal para o meio que o dissipará [4]. A indústria aeronáutica demandará ainda das ligas de alumínio propriedades finais que serão obtidas somente a partir de tratamentos térmicos eficientes, que aumentem a resistência mecânica sem prejuízos concomitantes à tolerância ao dano e a resistência à corrosão [5]. A solidificação rápida é uma técnica que promove uma alta liberação de calor latente em condições transientes. Na maioria dos casos, isso permite a obtenção de um melhor conjunto de propriedades finais devido ao crescimento de fases metaestáveis. Quando maiores taxas de resfriamento são empregadas obtêm-se microestruturas refinadas, redução da microsegregação e crescimento de fases secundárias não previstas pelos diagramas [6].

2. OBJETIVOS

A pesquisa tem por objetivo principal desenvolver uma análise teórico/experimental da influência da adição de Mn e/ou Co sobre os parâmetros térmicos, microestruturais e mecânicos de ligas Al, e suas correlações, com vista ao desenvolvimento de subsídios que auxiliem no planejamento adequado das condições operacionais de processo de fabricação que envolvam etapas de solidificação, e determinação do conjunto final de propriedades (mecânicas) para aplicações em estruturas aeronáuticas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento deste projeto optou-se pela produção da liga Al-3%Mg-1%Si com adição de 1% de Co, devido a dificuldade na obtenção dos elementos de liga, a metodologia adotada incluiu experimentos de solidificação, caracterização microestrutural, ensaios mecânicos (microdureza e tração).

As simulações metalúrgicas, diagramas de fases, foram calculadas por meio do software ThermoCalc utilizando a base de dados SSOL6.

Os experimentos de solidificação foram feitos utilizando um molde cônico de bronze de modo a avaliar a solidificação em diferentes condições de extração de calor. O molde possui quatro diâmetros distintos, 10, 15, 25 e 40 mm, cuja representação esquemática é mostrada na Figura 1.

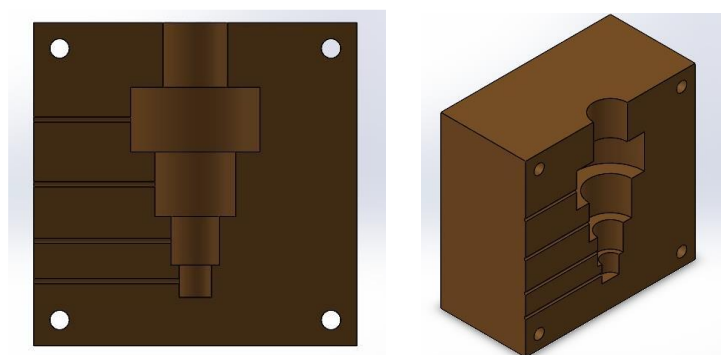


Figura 1 – Desenho em SolidWorks da lingoteira de bronze

A partir do vazamento do metal líquido na lingoteira, os dados do resfriamento foram obtidos através dos termopares tipo K fixados nas regiões da lingoteira conectados a um registrador Datalogger Novus modelo FieldLogger de

10 Hz, permitindo a obtenção dos dados taxa de variação de temperatura. Diferentes taxas de variação de temperatura foram obtidas em cada região, sendo a extremidade da base com menor diâmetro e solidificação mais breve. Adquiriu-se as curvas de temperatura em função do tempo para cada posição de termopar (nomeadas como T1, T2, T3 e T4, respectivamente, para cada diâmetro) utilizando o programa OriginLab.

O parâmetro térmico, taxas de resfriamento ($\dot{T}$), foram determinadas por meio da análise das curvas de resfriamento adquiridas em cada posição em relação aos termopares no lingote. A taxa de resfriamento $\dot{T}$ foi calculada a partir da derivada da curva de resfriamento em relação ao tempo de passagem da isoterma do líquido. O lingote foi seccionado para obter quatro amostras denominadas por, respectivamente, d1, d2, d3 e d4. A Figura 2 apresenta a posição das amostras e os formatos de corte das seções.

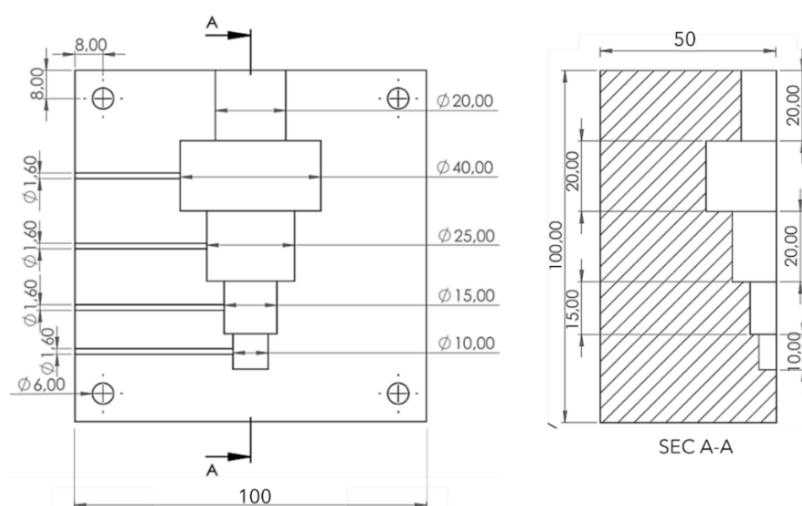


Figura 2 - Lingoteira escalonada e posição dos termopares.

Após o seccionamento, as amostras foram lixadas nas lixas com granulometria de 120 a 1200 mesh, e posteriormente polidas com pasta de diamante de 3 μm e 1 μm , utilizando uma Lixadeira e Politriz modelo PLFDV.

A caracterização microestrutural foi realizada nas amostras d1, d2, d3 e d4 utilizando o microscópio Zeiss Axiolab 5. Para cada amostra, foram capturadas cerca de 20 imagens com diferentes aumentos (50x, 100x, 200x, 500x e 1000x), selecionados conforme a visibilidade da microestrutura, com o objetivo de analisar a morfologia microestrutural, os contornos de grão e as fases

presentes, além de determinar o espaçamento dendrítico. Os espaçamentos dendríticos secundário (λ_2) foram medidos através do software Image-J. Os valores de λ_2 foram medidos na seção transversal utilizando o método do intercepto.

As leis experimentais que correlacionam os espaçamentos dendríticos secundários (λ_2) com os parâmetros térmicos foram obtidas por meio do software OriginLab. Através dos dados coletados durante a solidificação, foi possível obter os parâmetros das posições associadas com as amostras e as medidas retiradas das microestruturas das amostras. Com os pares ordenados já determinados, o programa determina a lei experimental com os expoentes da equação fixo em - 1/3 para a taxa de resfriamento.

Os ensaios de microdureza Vickers foram realizados nas mesmas amostras usadas para análise da microestrutura da seção transversal ao fluxo de calor seguindo a norma ASTM E384, no microdurômetro modelo Shimadzu HMV-2. Para os ensaios, realizou-se 10 indentações em cada amostra com carga aplicada de 0,50 kgf, durante um tempo de 15 segundos. Os ensaios de microdureza foram realizados fazendo uso dos facilities do CEPIMATE (Centro de Pesquisa e Inovação em Materiais e Estruturas – IFSP/UNESP/IPEN).

As amostras para tração foram obtidas através da utilização de uma lingoteira de quatro furos capazes de solidificar quatro corpos de prova cilíndricos por vez, conforme Figura 3. Foram realizados quatro vazamentos no molde, totalizando 16 corpos de prova, suficientes para posterior usinagem. As amostras foram obtidas nas mesmas condições de solidificação dos lingotes caracterizados microestruturalmente. Os corpos de prova (CP's) dos ensaios de tração foram conduzidos seguindo as normas ASTM E8M-14.

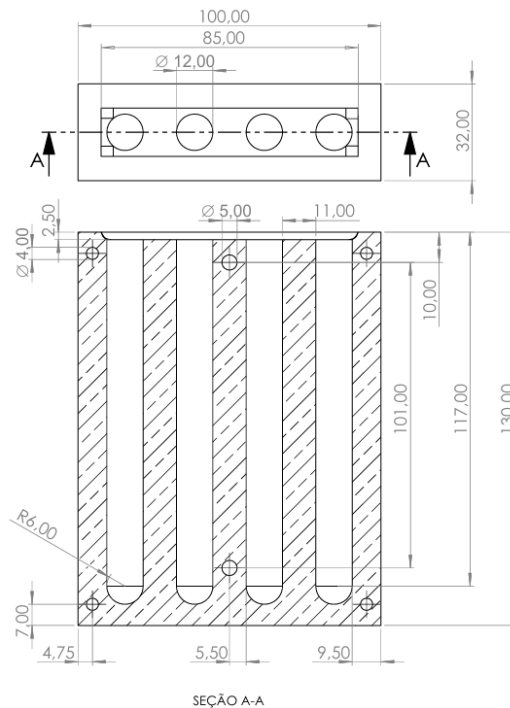


Figura 3: Molde para fundição dos corpos de prova.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Simulação dos diagramas de fases

As simulações metalúrgicas calculadas no software ThermoCalc, Figuras 4 e 5, apresentam a composição da liga Al-3%Mg-1%Si-1%Co (% em massa), alcançando uma composição hipoeutética da liga de alumínio e temperatura *liquidus* de aproximadamente 690°C.

A liga solidificada apresenta quatro fases na temperatura ambiente a matriz α de alumínio, com estrutura cúbica de face centrada (FCC_A1), uma matriz fase rica em silício com estrutura cristalina Diamond A4 (DIAMOND_A4) e as fases intermetálicas Al_9Co_2 e Mg_2Si . A disposição e arranjos dessas fases intermetálicas são conhecidas pelo aumento das propriedades mecânicas em outras ligas de alumínio já consolidadas.

2023.08.18.19.50.28
SSOL6 : Al, Si, Mg, Co
Pressure [Pa] = 100000.0, System size [mol] = 1.0, Mass percent Si = 0.01, Mass percent Mg = 0.01

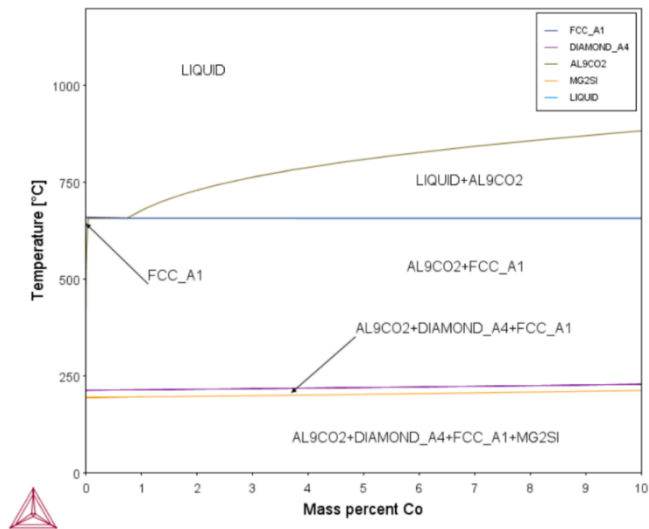


Figura 4: Diagrama de fases com variação da porcentagem de Co.

2023.08.23.12.56.13
SSOL6 : Al, Si, Mg, Co
Pressure [Pa] = 100000.0, System size [mol] = 1.0, Mass percent Si = 3.0, Mass percent Mg = 1.0, Mass percent Co = 1.0

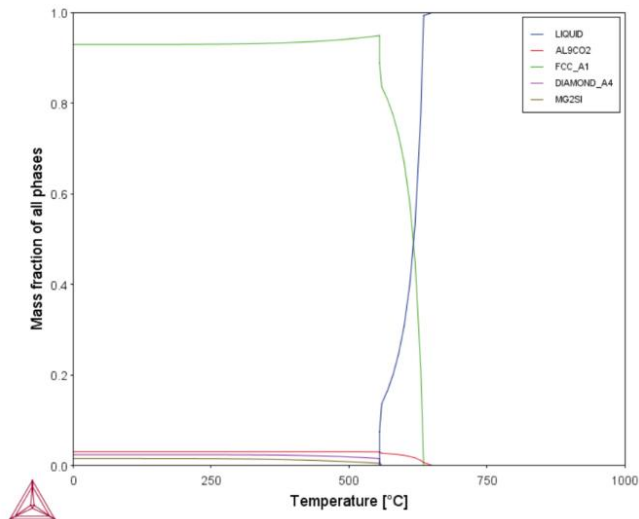


Figura 5: Fração mássica de todas as fases de equilíbrio em função da temperatura da liga Al-3%Mg-1%Si-1%Co.

4.2. Curvas de resfriamento e determinação dos parâmetros térmicos

A Figura 6 apresenta as curvas de resfriamento coletadas durante a solidificação da liga Al-3%Mg-1%Si-1%Co através dos termopares tipo K dispostos ao longo do lingote.

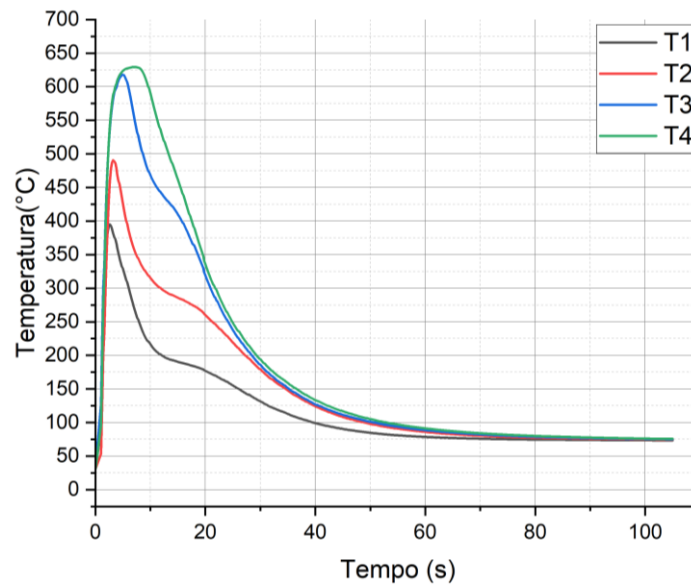


Figura 6 - Curvas de resfriamento da liga Al-3%Mg-1%Si-1%Co.

As taxas de resfriamento ($\dot{T}$) foram calculadas para cada termopar posicionado em cada região de diferentes diâmetros, os resultados obtidos estão organizados na Tabela 1.

Tabela 1: Taxas de resfriamento para cada posição de solidificação.

Termopar	Amostras (diâmetro [mm])	Taxa de resfriamento [K/s]
T1	d ₁ (10)	148,89
T2	d ₂ (15)	81,11
T3	d ₃ (25)	26,42
T4	d ₄ (40)	16,76

4.3. Caracterização microestrutural

A caracterização microestrutural foi realizada comparando amostras das ligas, Al-3%Mg-1%Si e Al-3%Mg-1%Si-1%Co, com condições de solidificação similares. Ambas as ligas apresentaram morfologia essencialmente dendrítica em todo o espectro de taxas de resfriamento analisado. Além disso, é possível notar um maior refinamento dos grãos nas amostras de menor diâmetro. A Figura 7 apresenta as micrografias das duas composições estudadas.

A análise e comparação por microscopia óptica revelou a presença de fases em formas de agulhas nas amostras da liga com adição de cobalto, destacado em vermelho na Figura 7 (c). Também foi observado uma maior concentração

dessa fase em regiões mais próximas ao centro das amostras e em maior quantidade na amostra maior diâmetro (d_4), o que sugere que essa fase pode estar relacionada com as taxas de resfriamento mais lentas.

4.4. Lei de crescimento experimental

Uma lei experimental do crescimento que correlaciona as medidas dos espaçamentos dendríticos obtidas da caracterização microestrutural com as medidas dos espaçamentos dendríticos com a taxa de resfriamento ($\dot{T}$) pode ser traçada para cada amostra de ambas as ligas. A liga Al-3%Mg-1%Si-1%Co apresentou uma função de $\lambda_2 = 31 \dot{T}^{-1/3}$, com um coeficiente de determinação (R) auferido em 0,91, enquanto a liga Al-3%Mg-1%Si apresentou a função $\lambda_2 = 40 \dot{T}^{-1/3}$, com R = 89%. Portanto, o resultado mostrou que houve o refinamento da matriz α -Al causado pela presença de cobalto, conforme pode ser visualizado na Figura 8.

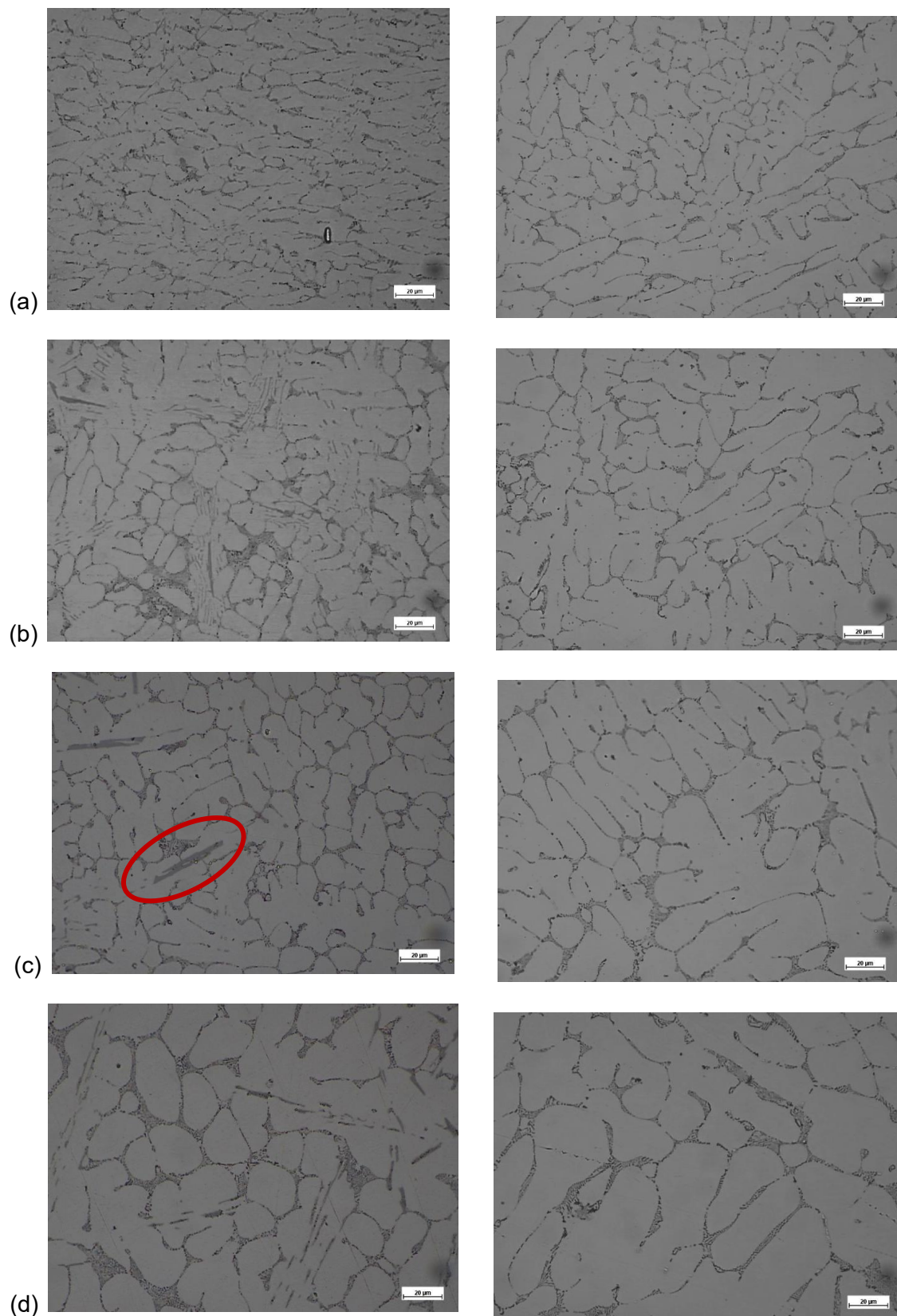


Figura 1 – Micrografia das ligas Al-3%Mg-1%Si-1%Co (esquerda) e Al-3%Mg-1%Si (direita) das amostras: (a) d1, (b) d2, (c) d3 e (d) d4, respectivamente.

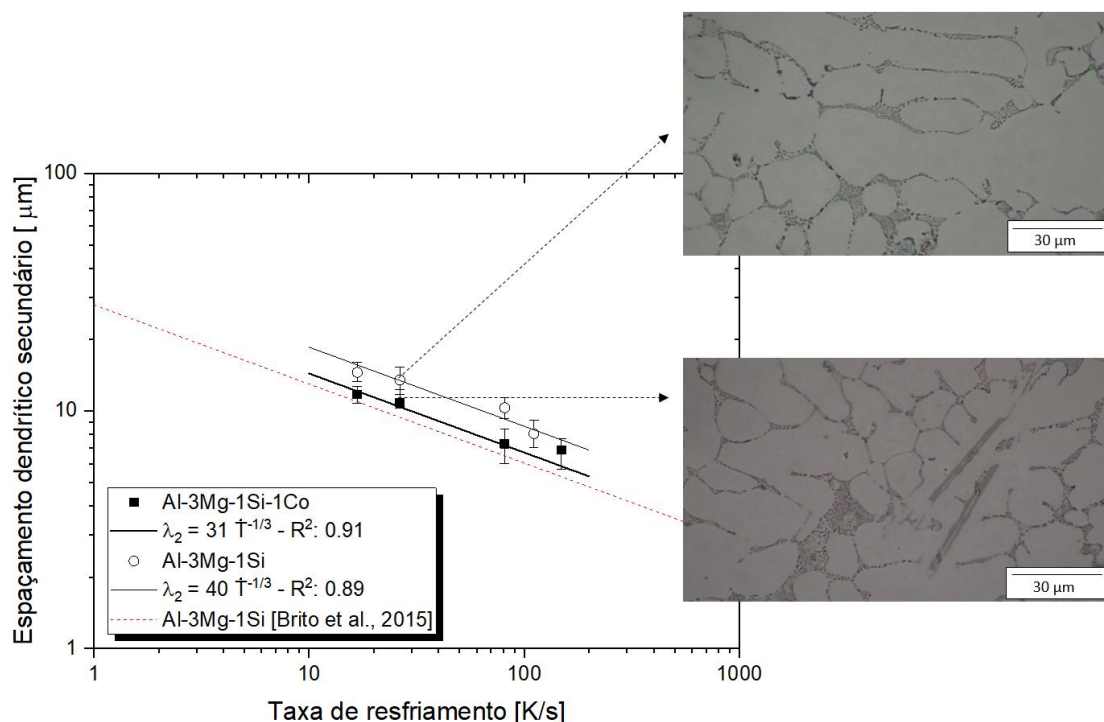


Figura 8 - Variação experimental do espaçamento dendrítico secundário como função da taxa de resfriamento.

4.5. Ensaio de microdureza

Para cada liga analisada, as amostras de diferentes diâmetros foram submetidas a 10 indentações. A Tabela 2 apresenta os valores de dureza e desvio padrão obtidos em cada amostra e cada composição de liga.

Tabela 2: Resultados do ensaio de microdureza Vickers em HV.

Composição da liga	Amostras	d ₁ [10 mm]	d ₂ [15 mm]	d ₃ [25 mm]	d ₄ [40 mm]
Al-3%Mg-1%Si	$\bar{X}$ [HV]	75,18	74,21	70,28	83,19
	σ_x [HV]	3,52	1,75	2,21	1,80
Al-3%Mg-1%Si-1%Co	$\bar{X}$ [HV]	87,11	88,95	80,53	78,11
	σ_x [HV]	1,83	1,80	3,80	3,40

A Tabela 3 apresenta a dureza média para cada composição, já que não houve variação significativa de dureza entre as diferentes taxas de resfriamento analisadas, ou seja, entre os diferentes diâmetros. Com relação à adição de cobalto, observou-se um aumento de 11% nos valores de dureza (HV), indicando que o Co contribui para a melhoria da resistência mecânica da liga. Esse

comportamento pode ser vantajoso em aplicações onde a resistência à fadiga é um fator crítico.

Tabela 3: Dureza média para liga com e sem adição de Co.

Ligas	Dureza média [HV]
Al-3%Mg-1%Si	75,7 ± 5,4
Al-3%Mg-1%Si-1%Co	83,7 ± 5,2

4.6. Ensaio de tração

Os ensaios de tração da liga Al-3%Mg-1%Si-1%Co resultaram em um limite de tensão de escoamento médio de 90,5 MPa e uma tensão de ruptura de 160 MPa, Figura 9. Comparando uma curva representativa dessa liga com ensaios de tração da liga Al-3%Mg-1%Si [7], notou-se uma piora no comportamento elástico da liga. Analisando a região da fratura, foi observado a presença de microporosidades, que impacta no desempenho mecânico da liga. As microporosidades são defeitos comuns na solidificação de ligas, elas atuam como pontos concentradores de tensão, causando falha precoce e menor ductilidade. Contudo, a liga com cobalto ainda apresentou valores de deformação (em %) superiores ao da liga sem cobalto.

Considerando uma liga Al-Mg-Si “as-cast”, ou seja, como fundida e sem adicionais tratamentos térmicos ou processos de fabricação adicionais que influenciam na microestrutura e nas propriedades mecânicas, a adição de cobalto apresentou resultados de melhora nas propriedades de resistência mecânica das ligas de alumínio. Houve uma melhora de cerca de 15% na tensão de ruptura, mesmo com os defeitos identificados. A melhora da resistência mecânica em condições de cargas tratativas axiais é essencial para o desempenho e vida em fadiga da liga.

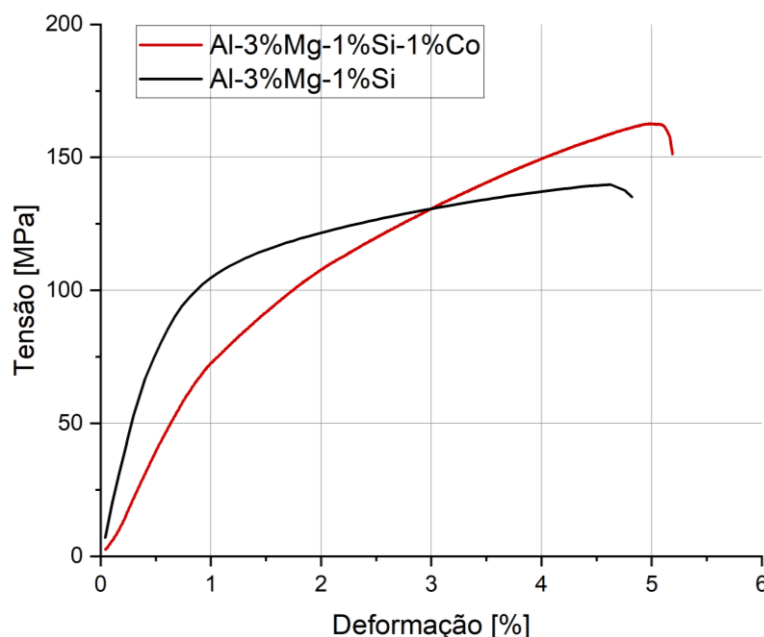


Figura 9- Curvas de tensão-deformação do ensaio de tração.

Conforme observado nos diagramas de fase, a adição de cobalto resultou no surgimento da fase intermetálica Al_9Co_2 , uma fase comum em ligas Al-Co, como destacado por Silva [8], onde a presença desse intermetálico contribuiu para o aumento da dureza da liga. Além disso, foi identificada a fase intermetálica Mg_2Si , frequentemente encontrada em ligas Al-Mg-Si. A presença dessas fases intermetálicas permite ao material suportar ciclos de carregamento superiores ao limite de escoamento sem falha, desde que a propagação de trincas seja controlada. A interação entre as fases intermetálicas e a matriz metálica também pode proporcionar um comportamento mais homogêneo, distribuindo a deformação de forma mais uniforme e retardando o início da falha por fadiga.

Algumas estratégias podem ser adotadas para mitigar os defeitos advindos da solidificação, como por exemplo um maior controle das condições de solidificação e ajustes nos moldes utilizados na fundição. Também é importante destacar que a aplicação de tratamentos térmicos, como o tratamento T6, contribui para a homogeneidade microestrutural e auxilia a reduzir as imperfeições que afetam as propriedades mecânicas.

5. ORIENTAÇÕES

O projeto possibilitou que a Pós-doutoranda aprova-se um projeto de iniciação científica sem bolsa no programa ICSB/Unesp para a aluna Lorena Albiero Milani do curso de Engenharia Aeronáutica. A participação da aluna foi de grande importância para a realização desta pesquisa, além de ter permitido o desenvolvimento da aluna e sua aprendizagem, tanto na parte teórica como experimental.

6. DISCIPLINAS MINISTRADAS COM A RESPECTIVA CARGA HORÁRIA E/OU A REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES DE EXTENSÃO.

No primeiro semestre de 2025 a bolsista auxiliou na disciplina Processo de Fabricação Mecânica, 60 horas/aula, do curso de engenharia aeronáutica. Essa disciplina foi ministrada de acordo com as regras da bolsista de PD ao Programa da UNESP da Faculdade de Engenharia, o que inclui a disponibilidade para assumir disciplinas na graduação, como forma de colaboração com a Instituição de Ensino e ao mesmo tempo com reflexos na formação da pós-doutoranda como docente.

7. COMENTÁRIOS SOBRE A PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA ELABORADA OU EM ELABORAÇÃO

O projeto possibilitou como produção bibliográfica a publicação de **3 artigos em periódicos indexados**: 3 artigos publicados fruto de colaboração com outros temas de pesquisa; **4 resumos publicados**: 3 resumos publicados em anais de Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais-CBECIMAT e 1 resumo em Brazilian MRS meeting-SBPMAT; **6 resumos submetidos e aceitos**: 3 resumos submetidos ao Brazilian MRS meeting-SBPMAT e 3 resumos submetidos ao International Congress of Mechanical Engineering-COBEM.

Artigos publicados:

1. Santos, Joyce Ranay; Araújo, Milena Poletto; Vida, Talita; Conde, Fabio Faria; Cheung, Noé; Garcia, Amauri; Brito, Crystopher. *The Influence of Beryllium*

Incorporation into an Al-5wt.%Cu-1wt.%Si Alloy on the Solidification Cooling Rate, Microstructural Length Scale, and Corrosion Resistance. Metals, v. 15, p. 736, 2025.

2. Romulo S. Miranda, **Talita Vida**, Henrique S. Ligeiro, Noé Cheung, Fábio R. Simões, Amauri Garcia, Crystopher Brito. *Coupled effects of morphology/length scale of the microstructure and microsegregation on the corrosion behaviour of a single-phase Zn-1wt.%Cu alloy.* Next Materials - Elsevier, v. 8, p. 100698, 2025.

3. Gabriela de Araújo Soler, **Talita Vida**, Denilson Paulo Souza dos Santos, Julian Arnaldo Avila, Crystopher Brito. *Cell growth and its effect on mechanical strength in an Al-2wt.%Ni-0.5wt.%Co alloy solidified under unsteady state conditions.* Materials Research, v. 14, p. 1156, 2024.

Resumos publicados:

1. SANTOS, J. R.; BORGES, J. S.; **VIDA, T. A.**; BRITO, C. *Effect of Cooling Rate on Microstructure and Corrosion Behaviour of 248.0 Aluminium Alloy.* In: XXII Brazilian MRS Meeting, Santos. XXII B-MRS Meeting, 2024.

2. BRITO, C.; **VIDA, TALITA**; GARCIA, A.; CONDE, ANA; ARENAS, MARIA A.; DE DAMBORENEA, JUAN. *Development and Evaluation of Zn-Mg-X Alloys for Low-Cost Bioresorbable Metallic Biomaterials.* In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECiMat), Fortaleza. Anais do 25° CBECIMAT, 2024.

3. BORGES, J. S.; SANTOS, J. R.; **VIDA, TALITA**; BRITO, C. *Avaliação do Potencial da Liga Al-5Cu-1,5Mg-0,5Co para Aplicações Aeronáuticas: Uma Análise Abrangente da Microestrutura e Resistência Mecânica.* In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECiMat), Fortaleza. Anais do 25° CBECIMAT, 2024.

4. BORGES, J. S.; SANTOS, J. R.; **VIDA, TALITA**; BRITO, C. *Silicon Effect on Corrosion Behavior of Al-Mg Alloys in Marine Environment.* In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECiMat), Fortaleza. Anais do 25° CBECIMAT, 2024.

Resumos submetidos e aceitos:

1. Lorena Albiero Milani, Crystopher Cardoso Brito, José Augusto de Oliveira, **Talita Almeida Vida**. *Microstructural Evolution and Hardness Enhancement of Al-5%Cu-1%Mn Alloy for Sustainable Structural Applications*. In: XXIII Brazilian MRS Meeting, 2025, Salvador. XXIII B-MRS Meeting, 2025.
2. Henrique Santos Ligeiro, **Talita Almeida Vida**, Ana Conde, Maria Angeles Arenas, Juan José Damborenea, Crystopher Cardoso Brito. *Tailoring Properties of Zn-Mg-X Alloys for Metallic Biomaterials*. In: XXIII Brazilian MRS Meeting, Salvador. XXIII B-MRS Meeting, 2025.
3. Júlia Silva Borges, **Talita Almeida Vida**, Renato Chaves Souza, Denilson Paulo Souza dos Santos, Julian Arnaldo Avila, Crystopher Cardoso Brito. *Influence of Cobalt Addition on the Microstructure and Mechanical Performance of an Al-Mg-Si Alloy*. In: XXIII Brazilian MRS Meeting, Salvador. XXIII B-MRS Meeting, 2025.
4. Henrique Ligeiro, **Talita Vida**, Crystopher Brito. *Effect of 0.5 wt.% Ca Addition on the Microstructure, Hardness, and Wear Resistance of Zn-1 wt.% Mg Biodegradable Alloy Solidified Under Transient Conditions*. In: 28th International Congress of Mechanical Engineering (COBEM), Curitiba, 2025.
5. Júlia Silva Borges, **Talita Vida**, Renato Chaves Souza, Denilson Paulo Souza dos Santos, Julian Arnaldo Avila Diaz, Crystopher Brito. *Effect of Cobalt Addition on the Microstructure and Mechanical Performance of the Al-3%Mg-1%Si Alloy*. In: 28th International Congress of Mechanical Engineering (COBEM), Curitiba, 2025.
6. Lorena Albiero Milani, Crystopher Brito, José Augusto de Oliveira, **Talita Vida**. *Microstructure and Hardness of an Al-Cu-Co Alloy: Correlation with Solidification Parameters*. In: 28th International Congress of Mechanical Engineering (COBEM), Curitiba, 2025.

8. COMENTÁRIOS DO SUPERVISOR

Venho por meio deste manifestar minha avaliação quanto ao desempenho da pesquisadora Dra. Talita Almeida Vida de Brito no âmbito de seu estágio de pós-doutorado sob minha supervisão.

A pesquisadora tem se destacado pelo seu comprometimento e elevado senso de responsabilidade em relação às atividades desenvolvidas no projeto. Sua atuação tem sido marcada por uma postura ética, organizada e consistente, demonstrando autonomia e maturidade acadêmica.

No contexto coletivo, sua participação ativa junto ao grupo de pesquisa tem sido notável. A pesquisadora colabora regularmente com os demais membros do grupo CAST, contribuindo para discussões técnicas, organização das atividades do laboratório e apoio a colegas em diferentes níveis de formação, desde bolsistas de iniciação científica até mestrandos e doutorandos. Essa postura colaborativa tem favorecido um ambiente de trabalho produtivo, integrador e estimulante. Cabe ainda destacar a importante atividade de integração entre os grupos de pesquisa Center for Advanced and Sustainable Technologies (CAST) e Grupo de Pesquisa em Estruturas, Manufatura e Materiais (GPEM2).

Do ponto de vista de sua pesquisa, seu desempenho nas atividades propostas tem sido ótimo, revelando domínio dos procedimentos metodológicos, além de proatividade na superação de desafios, inclusive em situações adversas relacionadas à infraestrutura e à disponibilidade de materiais para a pesquisa.

Ressalto ainda sua constante disposição em ampliar o escopo de sua atuação no projeto. A pesquisadora demonstrou interesse e iniciativa em incluir novas frentes de investigação, especialmente no que se refere à avaliação ambiental do ciclo de vida das ligas em estudo, o que representa um importante avanço para os objetivos da pesquisa em desenvolvimento.

Diante do exposto, manifesto minha plena satisfação com o desempenho da pesquisadora e reitero o reconhecimento pela relevância de sua atuação no grupo de pesquisa.

9. Referências

1. Gunnink, J.W.; Vlot, A.; De Vries, T.J.; Van Der Hoeven, W. Glare Technology Development 1997-2000. *Applied Composite Materials* 2002, 9, 201–219, doi:10.1023/A:1016006314630.
2. Dursun, T.; Soutis, C. Recent Developments in Advanced Aircraft Aluminium Alloys. *Mater Des* 2014, 56, 862–871, doi:10.1016/j.matdes.2013.12.002.

3. Santos, M.P. dos; Garde, I.A.A.; Ronchini, C.M.B.; Filho, L.C.; Souza, G.B.M. de; Abbade, M.L.F.; Regone, N.N.; Jegatheesan, V. (Jega); Oliveira, J.A. de A Technology for Recycling Lithium-Ion Batteries Promoting the Circular Economy: The RecycLib. *Resour Conserv Recycl* 2021, 175, doi:10.1016/j.resconrec.2021.105863.
4. Kurz, W.; Fisher, D.J. Fundamentals of Solidification 1984, 242.
5. Totten, G.; MacKenzie, D.S. *Handbook of Aluminum*; 2003; ISBN 0824704940.
6. Stefanescu, D.M. *Science and Engineering of Casting Solidification: Third Edition*; 2015; ISBN 9783319156934.
7. Brito, C.C. de Parâmetros Térmicos e Microestruturais Na Solidificação Transitória de Ligas Al-Mg e Al-Mg-Si e Correlação Com Resistências Mecânica e à Corrosão. Tese de Doutorado, PPG-EM, Unicamp, 2016.
8. Silva, C.A.P.; Kakitani, R.; Canté, M. V.; Brito, C.; Garcia, A.; Spinelli, J.E.; Cheung, N. Microstructure, Phase Morphology, Eutectic Coupled Zone and Hardness of AlCo Alloys. *Mater Charact* 2020, 169, 110617, doi:10.1016/J.MATCHAR.2020.110617.