



CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E ELÉTRICAS DE UMA LIGA DE Al-Cu-Fe-Si MODIFICADA COM TEORES DE 0,15% E 0,22% DE Zr

Milena Cristina Melo Carvalho, milenamelo3@gmail.com¹
Rafael Assis da Silva, rafael7.assis@gmail.com¹
Daniel Cavalcante da Conceição, danielmecanica2010@gmail.com¹
Kaique Matheus Castro Cabral, kaique.castrocabral@yahoo.com.br¹
Marcos Felipe Macêdo Cardoso, mecanica.marcos@gmail.com¹
José Maria do Vale Quaresma, quaresma@fem.unicamp.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá, CP 479, CEP 66075-110, Belém – Pará.

Resumo: Com o aumento dos investimentos energéticos na região amazônica, surge a necessidade de recapacitação das linhas de transmissão existentes, a fim de mitigar as interrupções de fornecimento de energia para os grandes centros urbanos. Dentro deste contexto, as ligas termorresistentes possuem alta capacidade de transmissão de eletricidade, propondo-se a avaliação da influência do tratamento térmico de 150 °C por 2 horas, aplicado antes da laminação para os diâmetros [4,0; 3,8; 3,0; 2,7] mm, em uma liga base Al-0,05%Cu-0,40%Fe-0,3%Si modificada pelos teores de [0,15-0,22]%Zr, para utilização em cabos elétricos. As ligas analisadas foram obtidas por fundição em coquilha metálica. A influência do tratamento foi medida pela caracterização elétrica (ensaio de resistividade) e mecânica (ensaio de tração), bem como análise metalográfica da microestrutura, selecionando-se o diâmetro que apresentou os melhores resultados nos ensaios, para realização dos testes de termorresistividade, segundo o Protocolo COPEL e a Norma ASTM B941-10. O tratamento térmico provocou ligeiro aumento nos valores de condutividade, diminuindo-se os valores de LRT, não havendo alterações significativas na microestrutura após o tratamento. Como destaque, o diâmetro 3,0 mm apresentou os melhores resultados de LRT e condutividade, cujos fios foram caracterizados como termorresistentes com ou sem tratamento térmico.

Palavras-chave: Ligas de Al-Zr; Condutividade elétrica; Limite de resistência à tração.

1. INTRODUÇÃO

A geração, transmissão e distribuição de energia elétrica são atividades fundamentais na dinâmica do mundo moderno, sendo de fundamental importância para o desenvolvimento econômico e social. No Brasil, é unânime entre os veículos de comunicação a opinião de que a principal fonte para produção de energia elétrica são as usinas hidrelétricas devido ao elevado potencial proporcionado pela hidrologia do país e, sob este aspecto, a Amazônia ocupa uma posição de destaque para investimentos de Programas de Energia Elétrica.

De acordo com informações fornecidas pelo Portal da Amazônia (2015), o Governo Federal anunciou investimento no valor de R\$ 186 bilhões no setor de energia em todo o Brasil até dezembro de 2018, em especial na Amazônia, devido à quantidade e capacidade de geração dos empreendimentos hidrelétricos.

Com o objetivo de fomentar o crescimento econômico com matriz elétrica predominantemente limpa e renovável, aliado à mitigação de sobrecarga das linhas de transmissão e redes de distribuição de energia elétrica, o Grupo de Pesquisa em Engenharia de Materiais/UFPA (GPEMAT/UFPA) vem estudando novas ligas capazes de atuar de forma superior, fornecendo assim materiais com características mecânicas melhores a fim de atuar diretamente na vida útil de fios e cabos.

1.1. Os Cabos Termorresistentes

Os cabos de ligas de alumínio que apresentam características termorresistentes, possuem capacidade de transmissão e distribuição de energia elétrica maior do que aquelas capazes de serem alcançadas por fios de alumínio eletrocondutor (Al-EC) após o tratamento térmico pertinente, sem grandes perdas das suas propriedades mecânicas (SOUSA, 2015).

Segundo Régis Jr. et al. (1999), os condutores de liga de alumínio termorresistente podem ser utilizados em regime contínuo de trabalho em temperaturas de até 150°C, sem deterioração das características mecânicas. Considerando estas premissas e as mesmas condições ambientais, os cabos destas ligas apresentam, em relação a um cabo de Al-EC de mesma bitola, capacidade de corrente até 50%.

Por outro lado, para uma mesma capacidade de corrente, um condutor de liga termorresistente teria uma área transversal aproximadamente 50% menor e redução de 20% a 30% no diâmetro externo, com redução significativa nos esforços sobre os suportes de uma linha de transmissão. Este tipo de condutor tem aplicação adequada para atender ao aumento de potência dos sistemas de transmissão associados. (Régis Júnior et. al., 1999). Na figura 1, pode-se observar a aplicação de cabos de alumínio termorresistentes em linhas de transmissão marítimas.



Figura 1. Exemplo de linhas de transmissão marítima com cabos de alumínio termorresistente. Fonte: OHM TEKMIN, 2006.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Fundição e solidificação

No processo de fundição das ligas, os elementos (Cu, Fe, Si, Zr e Al) foram adicionados ao cadinho de carboneto de silício, onde o mesmo foi pintado internamente com solução de caulim, para evitar aderência de metal nas paredes do cadinho, seguido de aquecimento a 150 °C por 25 minutos para extrair a umidade. Posteriormente, foi levado a um forno tipo MUFLA Brasimet, a 900 °C por 4 h, temperatura e tempo que garantem a fusão completa de todos os elementos.

O sistema operacional utilizado para a solidificação da liga foi a coquilha metálica em formato de “U”, conforme a figura 2, formada por duas paredes de aço que são justamente alinhadas e fechadas com parafusos, de modo a se obter uma cavidade de forma cilíndrica com 22 mm de diâmetro. A preparação do molde consiste em pintura das paredes com solução de caulim e, momentos antes ao vazamento, o molde foi aquecido a 250 °C, removendo a umidade e garantindo o preenchimento total do molde pelo metal líquido, o qual é vazado no molde de forma convencional e o preenchimento da cavidade se dá pela ação da gravidade. Depois que a peça solidifica o molde é aberto e a peça é retirada.

O material solidificado foi usinado para o diâmetro de 18,0 mm. Em seguida as amostras foram divididas em 2 lotes: i. Não sofreu tratamento térmico (STT); ii. Foi tratado termicamente a 150° C por 2 horas (CTT). Posteriormente foram laminados a frio em um laminador elétrico duo reversível, para os diâmetros de [4,0; 3,8; 3,0 e 2,7] mm.

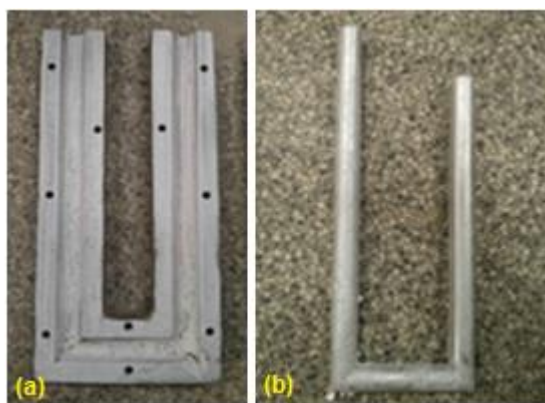


Figura 2. Processo de solidificação: (a) molde metálico em U; (b) amostra após desmoldagem. Fonte: Sousa, 2015.

2.2. Caracterização elétrica e mecânica

Os ensaios elétricos e mecânicos foram realizados em fios com os diâmetros de 2,7; 3,0; 3,8; 4,0 mm obtidos após a usinagem e laminação do corpo de prova obtido no processo de solidificação.

Na caracterização elétrica, os corpos de provas foram submetidos a ensaios de termorresistividade, com objetivo de se avaliar a resistência elétrica com o auxílio de um multiohmímetro (Ponte de Kelvin) MEGABRÁS, modelo MPK-2000. Os testes de resistividade elétrica foram realizados segundo as NBR 5118, NBR 6814 e NBR 6815.

Após realizar-se o ensaio de termorresistividade, as amostras foram submetidas ao ensaio de Tração, em uma máquina de ensaio de tração KRATOS, modelo IKCL1. Os ensaios de tração foram executados segundo as normas para cabos elétricos, NBR 6810, e materiais metálicos, NBR 6892, utilizando-se três corpos de prova de comprimento equivalente a 20 cm.

2.3. Teste de termorresistividade

Para que os cabos elétricos de liga de Al, destinados à aplicação em redes de transmissão e distribuição de energia elétrica, possam ser enquadrados como termorresistentes, é necessário que sejam caracterizado como tal através de teste de termorresistividade. Neste trabalho, foram utilizadas como referência duas especificações técnicas para realização desse teste:

- Companhia Paranaense de Energia – COPEL: o condutor elétrico é caracterizado como termorresistentes se o mesmo não apresentar perda superior a 10% de seu limite de resistência a tração (LRT) quando submetido à temperatura de 230 °C por 1 h, e resfriado à temperatura ambiente.
- ASTM B941 – 10: o condutor elétrico é caracterizado como termorresistentes se o mesmo não apresentar perda superior a 10% de seu limite de resistência a tração (LRT) quando submetido à temperatura de 280 °C por 1 h, e resfriado à temperatura ambiente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Composição Química

A liga foi preparada utilizando-se cálculos estequiométricos, a fim de se obter os teores desejados dentro das devidas proporções. Após fundição, foi realizada a análise química, cujos resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 1, indicando que todos os procedimentos foram efetuados corretamente e a composição está em concordância com o escopo deste trabalho.

Tabela 1. Composição química das ligas de alumínio.

Liga	Composição obtida (%p)			
	Cu	Fe	Si	Zr
Al-0,05Cu-0,4Fe-0,3Si-0,15Zr	0,0497	0,398	0,297	0,147
Al-0,05Cu-0,4Fe-0,3Si-0,22Zr	0,0496	0,397	0,296	0,218

3.2. Macroestruturas

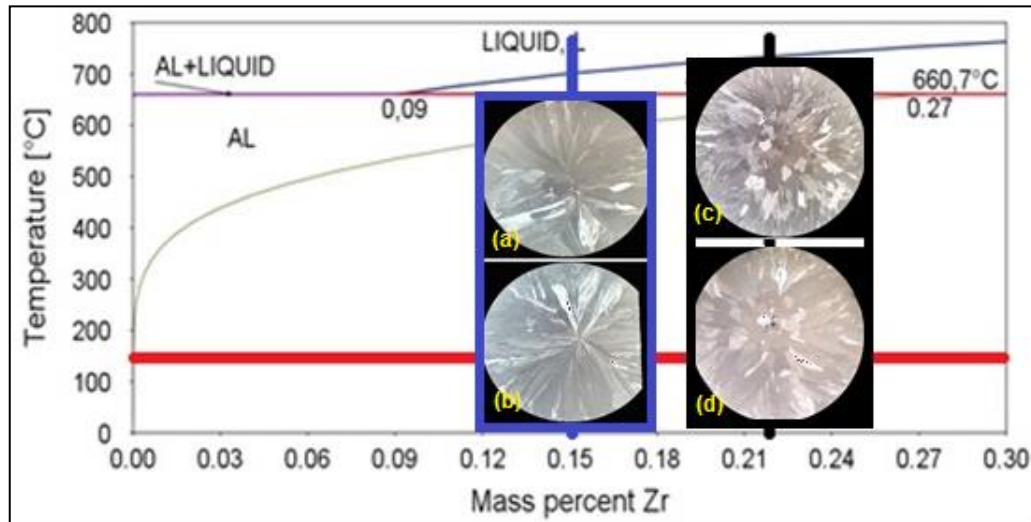


Figura 3. Diagrama de fases elaborado em software Thermocalc Student, associando o tratamento térmico com as macrografias da liga Al-0,05%Cu-0,40%Fe-0,3%Si-0,22%Zr solidificada em molde 'U' (a) Liga com 0,15% Zr STT; (b) Liga com 0,15% Zr TT 150°C/2h; (c) Liga com 0,22% Zr STT; (b) Liga com 0,22% Zr TT 150°C/2h.

A Figura 3 mostra a macroestrutura da liga, com e sem tratamento térmico, as quais foram reveladas através de ataque químico com solução Keller (3 ml HCl, 2 ml HF, 5 ml HNO₃, 190 ml H₂O). É possível identificar a predominância de grãos colunares finos. Para a liga com 0,15%Zr (a) e (b), verifica-se a predominância de grãos colunares na estrutura do material, porém a liga com 0,22% Zr na fig. 3c e 3d, é visível a mutação que ocorre na macroestrutura com a formação de grãos equiaxiais no núcleo. De acordo com estudos de Rodrigues (2007), a zona equiaxial é provocada pela presença de agentes nucleantes, com maior concentração de soluto.

No entanto, após o tratamento térmico das ligas a 150°C por 2 h, não se observa mudanças macroestruturais significativas na fig. 3b e 3d, em relação às estruturas brutas de fusão da fig. 3a e 3c, sendo possível que as modificações acarretadas pelo tratamento térmico estejam em escala microestrutural ou subatômica.

3.3. Caracterização Elétrica

A Figura 4 apresenta a evolução dos perfis dos valores de condutividade elétrica para as amostras STT e CTT, relacionados aos diâmetros obtidos após laminação. Os resultados mostram que a condutividade elétrica é afetada pela adição de zircônio à liga, exibindo deterioração das características elétricas ao se aumentar o teor de Zr. Estudos realizados por Belov et. al. (2009) mostraram que à medida que se aumenta o teor de soluto Zr ocorre acréscimo na resistividade elétrica, o que corrobora para a perda de condutividade elétrica da liga, o que está em concordância com os resultados do presente estudo.

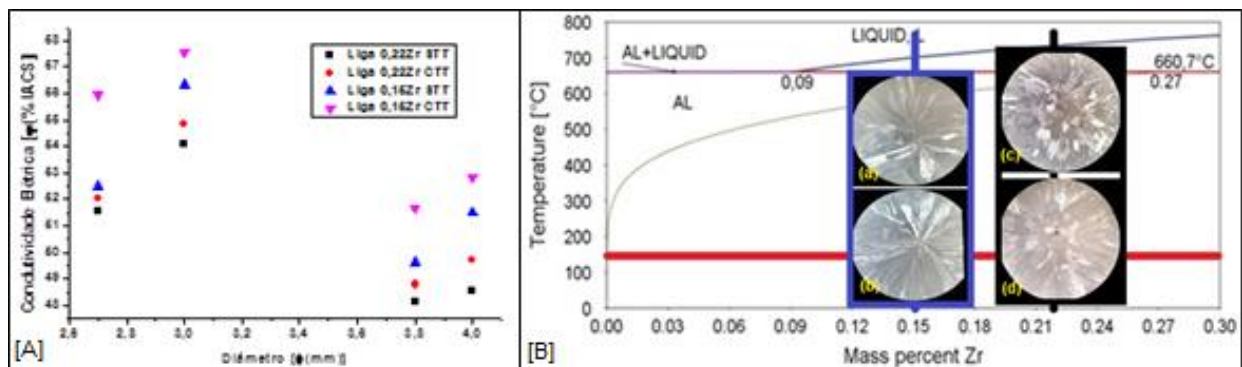


Figura 4. [A] Comparação entre a condutividade elétrica das ligas com [0,15-0,22]% Zr STT e CTT; [B] Diagrama de fases Al-Zr, com as macroestruturas STT (a) e (c), e CTT (b) e (d).

A partir da análise do diagrama de fases para o binário Al-Zr e o histórico de tratamento térmico, observa-se que o tratamento térmico realizado na liga na condição como fundida, como solução sólida e com parada térmica dentro da

região bifásica [α -Al e Al_3Zr]. Estas duas circunstâncias indicam forte possibilidade de formação de precipitados na forma de Al_3Zr . Nos estudos de Knipling et. al. (2007), apesar de avaliados via ensaios de microdureza partindo de solução sólida saturada, a decomposição de Al_3Zr durante o tratamento térmico se inicia pela formação da estrutura metaestável cúbica L_{12} , e se for mantida a temperaturas no entorno de ($> 450^\circ\text{C}$) por longos períodos formará a estrutura tetragonal DO_{23} . Como o tratamento térmico deste trabalho é aplicado no patamar de 150°C e por curto período, é possível que a estrutura dos precipitados de Al_3Zr seja do tipo L_{12} , os quais está favorecendo os ganhos de condutividade elétrica da liga tratada.

Por outro lado, o fio de 3,0 mm apresenta maior condutividade elétrica tanto para as ligas tratadas como para as ligas sem tratamento, ficando evidente o fenômeno da recuperação dinâmica, favorecida pelo fato das ligas de alumínio apresentarem alta energia de falha de empilhamento. Este contexto pode estar associado ao aumento de temperatura que ocorre durante o passo de redução a frio para o diâmetro de 3,0 mm, resulte no fenômeno da recuperação dinâmica e, desta forma, contribua para aumentar a mobilidade das discordâncias, resultando em uma estrutura celular com contornos menos emaranhados, contribuindo para facilitar o livre caminho para os elétrons.

3.4. Caracterização mecânica

Para que se possa analisar os resultados obtidos nos ensaios mecânicos, deve-se considerar dois aspectos:

- A condição como fundida da estrutura que a liga apresenta à temperatura ambiente, o arranjo estrutural de solução sólida;
- O grau de deformação a frio sofrido para a obtenção dos fios em cada um dos passos para diminuição da bitola.

Como os corpos de prova são laminados para os diâmetros 4,0; 3,8; 3,0 e 2,7 mm, o grau de deformação sofrido nos passos para obtenção dos diâmetros desejados é variável, e se observa que o encruamento aplicado tem intensidade variável.

No processo de laminação a frio, é conhecido o fato de que a estrutura cristalina acumula parte das tensões aplicadas à peça, aumentando a concentração de discordâncias. De acordo com Abbaschian, Abbaschian e Reed-Hill (2009), a deformação a frio pode elevar a quantidade de discordâncias na ordem de 10^4 a 10^6 , aumentando, consequentemente, a energia de deformação do material. No entanto, como o trabalho a frio provoca quedas de condutividade elétrica menores do que os outros processos de endurecimento, constitui-se numa forma vantajosa de endurecer materiais condutores (Askeland e Phulé, 2008). Desta forma, ocorre a multiplicação de discordâncias, que se concentram nos contornos da rede celular, formando emaranhados de discordâncias (Dieter, 1988).

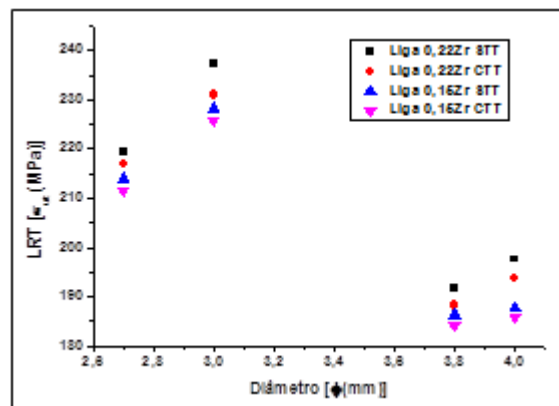


Figura 5. Comparação entre o LRT das ligas com [0,15-0,22]% de Zr com e sem tratamento térmico.

Na Figura 5, são ilustrados os resultados para o Limite de Resistência à Tração (LRT) em função do diâmetro das ligas tratadas e não tratadas. O aspecto da solidificação em condições moderadas de resfriamento de ligas Hipo Peritéticas, ao produzirem estruturas brutas de fusão na condição de solução sólidas, que podem ser mais saturadas quanto maior for o teor de soluto podem refletir este desempenho, pois a liga com 0,22% Zr tende a responder melhor as características mecânicas, como pode ser visualizado na Figura 5.

É possível observar que o tratamento térmico da liga a 150°C por 2 h exibiu tendência de pequenas perdas de LRT. Diferentemente dos estudos de Knipling et. al. (2007), cuja conclusão sugere que a precipitação de finos dispersóides de Al_3Zr provoca aumento de resistência mecânica da liga Al-0,19% Zr, avaliada através de ensaios de microdureza. Entretanto, no presente estudo, os trialuminetos precipitados formados durante o tratamento térmico, de estrutura metaestável cúbica L_{12} , interferem de maneira a deteriorar a resistência mecânica. Possivelmente porque a condição de solução sólida submetida a elevado índice de deformação e elevado emaranhado de discordâncias, quando submetida à ação da temperatura, provoque o surgimento desses precipitados com elevada mobilidade na matriz, que se dispersam nela, não atuando com eficiência na ancoragem das discordâncias.

O fio de 3,0 mm apresentou maior valor de LRT, tanto para as amostras tratadas e não tratadas, ficando muito evidente a presença do fenômeno da recuperação dinâmica, cujo passo para obtenção do fio de 3,0 mm aumenta

consideravelmente o encruamento da liga, que melhora o caminho livre de elétrons ao reacomodar as discordâncias, sem sofrer perdas de LRT.

3.5. Ensaio de Termorresistividade

Após a obtenção dos resultados referentes à caracterização elétrica e mecânica das ligas, constatando-se que o fio de diâmetro equivalente a 3,0 mm apresentou melhor desempenho, utilizou-se este perfil para realização do ensaio de termorresistividade. A partir dos resultados obtidos por ensaio de tração, mostrados na Figura 6a e 6b, pode-se constatar que as perdas de LRT, mantendo-se abaixo dos 10% previstos pelo Protocolo Copel e pela ASTM B941-10, conforme a fig. 6c e 6d, mesmo sob duplo tratamento térmico [150+230]°C e [150+280]°C como indicados pelas setas. Com isso, as ligas se caracterizam como termorresistentes. Possivelmente devido à baixa mobilidade do zircônio na matriz na forma de solução sólida supersaturada, conferindo resistência térmica à liga após a exposição a altas temperaturas, acarretando o aumento da temperatura de recristalização. A resistência mecânica superior das ligas com 0,22% Zr sugere que o aumento do teor de Zr na liga aumenta a efetividade da resistência térmica, uma vez que a solução sólida se encontra em maior grau de supersaturação.

No entanto, as ligas tratadas apresentaram valores de LRT sempre inferiores às ligas sem tratamento, conforme a fig. 6a e 6b. Estudos propostos por Dias (2016) em ligas de mesma composição e tratamento térmico semelhante às do presente trabalho afirmam que a dispersão de partículas aumenta a coerência da segunda fase com a matriz, aumentando a deformabilidade do material. De maneira análoga, observa-se pelos resultados que a liga ao ser tratada aumenta a coerência dos precipitados metaestáveis cúbicos $L1_2$ na forma Al_3Zr com a matriz, diminuindo a resistência mecânica do material com tratamento térmico prévio.

Percebe-se pelos resultados que, durante o ensaio, ocorre precipitação de partículas Al_3Zr , e maior espalhamento de acordo com que se aumenta a temperatura de tratamento. Conforme discutido no tópico 3.4, é importante ressaltar que este fenômeno deteriora as características mecânicas da liga por diminuir a efetividade da segunda fase em ancorar as discordâncias.

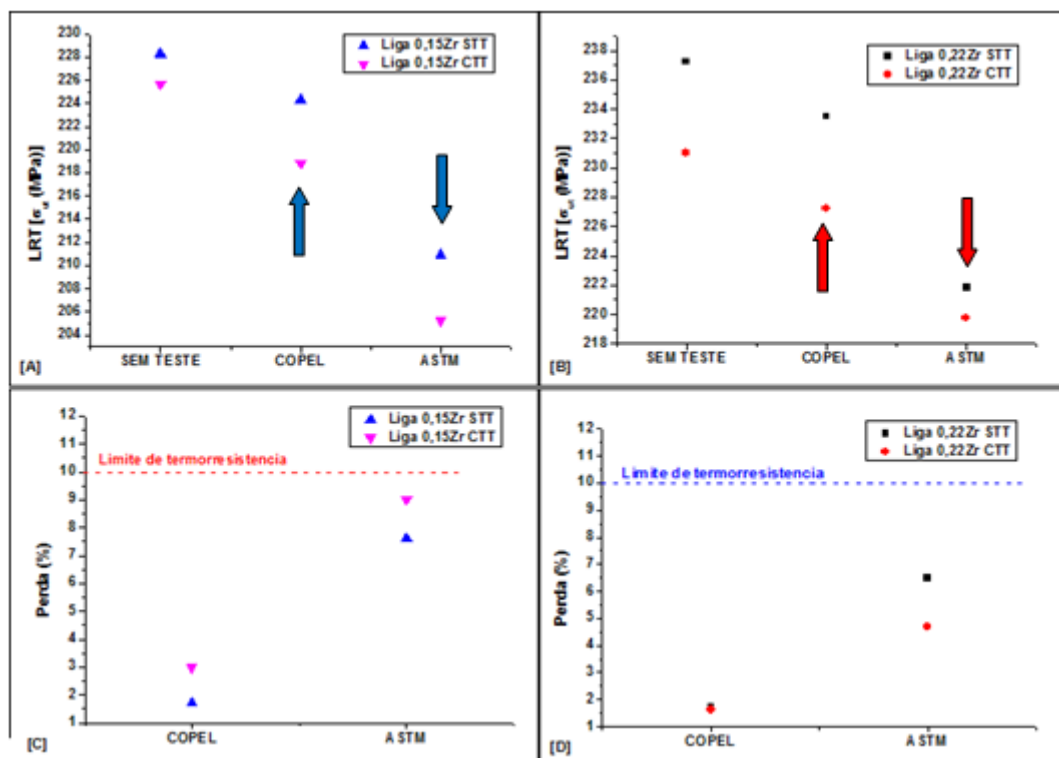


Figura 6. (a) Comparação entre o LRT das ligas após os ensaios de termorresistividade com 0,15% Zr STT e CTT; (b) com 0,22% Zr STT e CTT; (c) Perdas de LRT registradas nos testes com 0,15% Zr STT e CTT; (d) com 0,22% Zr STT e CTT.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os objetivos deste estudo, para os teores de [0,15-0,22]% Zr, constatou-se que:

- O tratamento térmico proposto não alterou significativamente a macroestrutura bruta de fusão da liga. No entanto, o aumento do soluto atuou como agente nucleante, formando uma zona de grãos equiaxiais em meio aos grãos colunares.

- Foi constatado deterioração das características mecânicas dos fios deformados após o tratamento térmico, provavelmente devido aos precipitados formados não atuarem com eficiência na ancoragem das discordâncias. No entanto, o aumento do teor de soluto apresentou tendência de ganhos de resistência mecânica através do maior nível de supersaturação de Zr na solução sólida.
- Entretanto, observou-se que o tratamento térmico aumentou a condutividade elétrica da liga, pois os precipitados formados cúbicos metaestáveis ($L1_2$) na forma de Al_3Zr corroboram para aumentar a mobilidade das discordâncias.
- Após os testes de termorresistividade realizados, as ligas com e sem tratamento térmico prévio foram caracterizadas como termorresistentes, cujo aumento do teor de Zr em solução sólida aparenta aumentar a efetividade da resistência térmica das ligas. No entanto, foi observado que as ligas tratadas apresentaram maior coerência entre a segunda fase e a matriz, diminuindo a resistência mecânica da liga. Por outro lado, fica evidente que os trialuminetos de Zr [Al_3Zr] produzidos na forma e nas quantidades, nas condições operacionais deste trabalho, contribuíram de forma positiva nas características de conduzir eletricidade e de termorresistência.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), Universidade Federal do Pará (UFPA) e ITEC (Instituto de Tecnologia/UFPA).

6. REFERÊNCIAS

- Askeland, D. R., Phulé, P. P., 2008, *Ciência e Engenharia dos Materiais*, 1 ed., p. 180. São Paulo, Cengage Learning.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007, “ABNT NBR 5118: Fios de alumínio 1350 nus, de seção circular, para fins elétricos”, Rio de Janeiro, Brasil.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1981, “ABNT NBR 6815: Fios e cabos elétricos – Ensaio de determinação da resistividade em componentes metálicos”, Rio de Janeiro, Brasil.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001, “ABNT NBR 6814: Fios e cabos elétricos – Ensaio de resistência elétrica”, Rio de Janeiro, Brasil.
- Belov, N. A., Alabin, A.N., A., Yu, Prokhorov., 2009, “The Influence that a Zirconium Additive has on the Strength and Electrical Resistance of Cold-Rolled Aluminum Sheets”, *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*, Vol. 50, No. 4, pp. 357–362.
- Companhia Paranaense de Energia (COPEL), 2006, *Especificação Técnica* [00000-30009-082].
- Dias, W.S., 2016, “Análise da influência do tratamento térmico na liga Al-0,05%Cu- [0,35 -0,45]%Fe modificada com dois teores de zircônio solidificada em coquilha metálica”, *Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica*, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Dieter, G.E., 2008, *Mechanical metallurgy*, 2 Ed., p. 204. Rio de Janeiro: McGraw-Hill Kogakusche Ltd. American Society for Metals-ASM.
- Knipling, K.E.; Dunand, D.C.; Seidman, D.N. Nucleation and precipitation strengthening in dilute Al-Ti and Al-Zr alloys. *Metallurgical and Materials Transactions A*, v. 38A, n. 10, p. 2552-2563, set. 2007.
- OHM TEKMIN, 2015, “Welcome to HTLS Conductor”, Disponível em: http://www.ohmtekmin.com/nuevo/documento/HTLSC_STACIR_Rev1.pdf.
- Portal Amazônia, 2015, “Saiba quais estados da Amazônia terão investimentos do Programa de Energia Elétrica”, Disponível em: <http://portalamazonia.com/noticias-detalle/economia/saiba-quais-estados-da-amazonia-terao-investimentos-em-energia-eletrica/>.
- Abbaschian, R., Abbaschian, L., Reed-Hill, R. E., 2009, *Physical Metallurgy Principles*, 4ª Edição, pp. 228; 241. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Régis Júnior, O., Bezerra, M.B., Domingues, L.A.M.C., Furukawa, S.M.U., 1999, “A utilização de condutores de Liga de Al Termo-resistente na Repotencialização de LT de Transmissão e Sub-transmissão”, *Seminário de Produção e Transmissão de Energia*, n.15, 1999, Foz do Iguaçu, Brasil.
- Rodrigues, J. R. P., 2007, “Efeito da Composição nos Parâmetros Térmicos e Estruturais de Ligas Al-Mg Solidificadas Unidirecionalmente”, *Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica*, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Régis Júnior, O., Bezerra, M.B., Domingues, L.A.M.C., Furukawa, S.M.U., 1999, “A Utilização de Condutores de Liga de Al Termo-resistente na Repotencialização de LT de Transmissão e Sub-transmissão”, *Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica*, Foz do Iguaçu, Brazil, 6p.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

ELECTRICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF ALLOY AL-CU-FE-SI MODIFIED WITH CONTENT OF [0,15-0,22]% ZR, FOR ELECTRICITY TRANSMISSION AND DISTRIBUTION

Milena Cristina Melo Carvalho, milenamelo3@gmail.com¹

Rafael Assis da Silva, rafael7.assis@gmail.com¹

Daniel Cavalcante da Conceição, danielmecanica2010@gmail.com¹

Kaique Matheus Castro Cabral, kaique.castrocabral@yahoo.com.br¹

Marcos Felipe Macêdo Cardoso, mecanica.marcos@gmail.com¹

José Maria do Vale Quaresma, quaresma@fem.unicamp.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá, CP 479, CEP 66075-110, Belém – Pará.

Abstract: With raising energy investments in Amazonia, the need for reinforce of existing transmission lines increases in order to mitigate disruptions of energy supply for larger urban centers. Within this context, the heat-resistant alloys have high capacity for electricity transmission, proposing to evaluate the influence of heat treatment of 150 ° C for 2 hours, applied prior of lamination to the diameters [4.0; 3.8; 3.0; 2.7] mm, of base alloy Al-0,05%Cu-0,40%Fe-0,3%Si modified by the content of [0,15-0,22]%Zr for electrical cables. The alloys analyzed were obtained by die casting. The influence of the heat treatment was measured by electrical (resistivity test) and mechanical (tensile test) characterization and metallographic analysis of macrostructure, by selecting the diameter that showed the best results in the tests to perform the termo resistivity, according COPEL Protocol and ASTM B941-10. The heat treatment caused a slight increase in conductivity values, keeping the S_{ut} values, with no significant changes in the macrostructure after treatment. As a highlight, the diameter 3.0 mm showed the best results of LRT and conductivity, whose wires were characterized as heat resistant with and without heat treatment.

Keywords: Al-Zr alloys; Electrical conductivity; Tensile strenght.