

**Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias nas Engenharias 4



**Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta**
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias nas Engenharias

4

**Atena Editora
2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134 Impactos das tecnologias nas engenharias 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 4)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-194-7
DOI 10.22533/at.ed.947191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.
I. Bonatto, Franciele. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Dallamuta, João.
CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em engenharia e tecnologia. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de simulação, projetos e caracterização no âmbito da engenharia e aplicação de tecnologia.

Tecnologia é o pilar mais importante da engenharia. Os profissionais que se dedicam a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos não estão preocupados com todos os aspectos da tecnologia, mas com a tecnologia existente, bem como com a tecnologia futura considerada viável. Uma visão ampla de tecnologia é portanda fundamental para engenheiros. É esta amplitude de áreas e temas que procuramos reunir neste livro.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Tecnologia e Engenharia em Foco

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO TÉRMICO DO SISTEMA DE UM FREIO	
<i>Franklin Lacerda de Araújo Fonseca Júnior</i> <i>David Domingos Soares da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915031	
CAPÍTULO 2	9
DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DUREZA E DA MICROESTRUTURA DO AÇO AISI 5160 NA CONDIÇÃO PADRÃO E ESFEROIDIZADO	
<i>Anelise Pereira da Silva</i> <i>Suelen de Fátima Felisberto</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Cristina de Carvalho Ares Elisei</i> <i>Jorge Luiz Rosa</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915032	
CAPÍTULO 3	17
INOVAÇÕES EM BROCA: UTILIZAÇÃO DE JATO DE ÁGUA COM ALTO CONTEÚDO ENERGÉTICO E ALARGADORES MECÂNICOS COMO PRINCÍPIO DE ESCAVAÇÃO	
<i>Rafael Pacheco dos Santos</i> <i>Lidiani Cristina Pierri</i> <i>Jair José dos Passos Junior</i> <i>Anderson Moacir Pains</i> <i>Marcos Aurélio Marques Noronha</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915033	
CAPÍTULO 4	25
ESTUDO DE UM CONTROLADOR DE UM BRAÇO ROBÓTICO COM DOIS GRAUS DE LIBERDADE COM BASE EM LMI	
<i>Márcio Roberto Covacic</i> <i>Ruberlei Gaino</i> <i>Cesar Capobianco</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915034	
CAPÍTULO 5	33
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA POTÊNCIA DE SOLDAGEM NO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER NO AÇO BLAR	
<i>Ana Paula Alves de Oliveira</i> <i>Francisco Cardoso de Melo Junior</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Emerson Augusto Raymundo</i> <i>João Maurício Godoy</i> <i>Marcelo Bergamini de Carvalho</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915035	

CAPÍTULO 6	42
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA TÉCNICA DE CONTROLE PREDITIVO NÃO LINEAR PRÁTICA NO ACIONAMENTO DE UM MOTOR CC	
<i>Cleber Asmar Ganzaroli</i>	
<i>Douglas Freire de Carvalho</i>	
<i>Luiz Alberto do Couto</i>	
<i>Rafael Nunes Hidalgo Monteiro Dias</i>	
<i>Wesley Pacheco Calixto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915036	
CAPÍTULO 7	55
IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE PRESENÇA USANDO LEITOR CCD E CRIPTOGRAFIA NO MODELO DE CIFRA DE VIGÊNERE	
<i>Éric Dias Souza</i>	
<i>Victor Francisco Rigolo Fernandes de Almeida</i>	
<i>Wagner dos Santos Clementino de Jesus</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915037	
CAPÍTULO 8	61
MODELAGEM DINÂMICA E CONTROLE PID DE MANIPULADORES ROBÓTICOS COM APLICAÇÃO NO ROBÔ DENSO VP6242G	
<i>Leonardo Augusto Arruda</i>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i>	
<i>Ruberlei Gaino</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915038	
CAPÍTULO 9	81
MODELAGEM CINEMÁTICA E SIMULAÇÃO 3D DO MANIPULADOR INDUSTRIAL DENSO VP6242G	
<i>Giovani Augusto de Lima Freitas</i>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i>	
<i>Ruberlei Gaino</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915039	
CAPÍTULO 10	103
PROGRAMAÇÃO LÓGICA INDUTIVA APLICADA À COMPUTAÇÃO MUSICAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
<i>Clenio Batista Gonçalves Junior</i>	
<i>Murillo Rodrigo Petrucelli Homem</i>	
DOI 10.22533/at.ed.94719150310	
CAPÍTULO 11	119
ANÁLISE DA MICROESTRUTURA DO FERRO FUNDIDO FC 250 SOB EFEITO DA CORROSÃO EM SOLUÇÃO ÁCIDA	
<i>Lariane Ferreira Sena</i>	
<i>Rafaela Cunha dos Reis</i>	
<i>Aline Alcamin Monteiro</i>	
<i>Paula Luisa Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.94719150311	

CAPÍTULO 12 130

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CÉRIA DOPADA COM GADOLÍNIA E CO-DOPADA COM ÓXIDO DE COBRE

*Raquel Rodrigues do Nascimento Menezes
Thamyscira Herminio Santos da Silva
Allan Jedson Menezes de Araújo
Erik Benigno Grisi de Araújo Fulgêncio
Lizandra Fernanda Araújo Campos
Ricardo Peixoto Suassuna Dutra
Daniel Araújo de Macedo*

DOI 10.22533/at.ed.94719150312

CAPÍTULO 13 146

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL DE LIGAS CU-AL-MN PASSÍVEIS DO EFEITO MEMÓRIA DE FORMA ENVELHECIDAS

*Marcos Barbosa Dos Anjos Filho
Carlos Cássio de Alcântara
José Joelson de Melo Santiago*

DOI 10.22533/at.ed.94719150313

CAPÍTULO 14 153

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DO ADITIVO DE CARBONO MICROGRAF® 9930MA NA CAPACIDADE C-20 DA PLACA NEGATIVA DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

*Lucas Carvalho Santana
André Castilho dos Santos
Cynthia Mayara de Carvalho
Gilberto Augusto de Oliveira Brito
Christiano Jorge Gomes Pinheiro*

DOI 10.22533/at.ed.94719150314

CAPÍTULO 15 162

DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO NA ÁGUA PRODUZIDA: UMA ANÁLISE A PARTIR DE UMA PRÁTICA LABORATORIAL

*Raul José Alves Felisardo
Gabriela Menezes Silva
César de Almeida Rodrigues*

DOI 10.22533/at.ed.94719150315

CAPÍTULO 16 168

ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO PELO BAGAÇO DE BUTIÁ PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES

*Luciana Machado Rodrigues
Vanessa Rosseto
Clarissa Ferreira Pin
Ethielle Bordignon de Carvalho Prestes*

DOI 10.22533/at.ed.94719150316

CAPÍTULO 17 176

DESENVOLVIMENTO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE UM NOVO ADSORVENTE DE BAIXO CUSTO NA ADSORÇÃO E DESSORÇÃO MONO E MULTICOMPONENTE DE METAIS PESADOS EM COLUNA DE LEITO FIXO

*Gabriel André Tochetto
Danieli Brandler
Deisy Maria Memlak
Francine Caldart
Gean Delise L. P. Vargas
Cleuzir da Luz
Joceane Pigatto
Adriana Dervanoski*

DOI 10.22533/at.ed.94719150317

CAPÍTULO 18 187

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO COMPLEXO OXALATO DE NÍOBIO NA OBTENÇÃO DE BIODIESEL SOB VIA METÉLICA

*Rayane Ricardo da Silva
Carlson Pereira de Souza
Tiago Fernandes Oliveira
Maria Veronilda Macedo Souto
Angelinne Costa Alexandrino*

DOI 10.22533/at.ed.94719150318

CAPÍTULO 19 195

ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE ENTRE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA DE E & P DE PETRÓLEO E CIMENTO PORTLAND PARA UTILIZAÇÃO EM CONCRETO

*Yane Coutinho Lira
Fernanda Cavalcanti Ferreira
Romildo Alves Berenguer
Rodrigo Mendes Patrício Chagas
Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça
Milton Bezerra das Chagas Filho*

DOI 10.22533/at.ed.94719150319

CAPÍTULO 20 205

RETENÇÃO DE ÍONS METÁLICOS DE COBRE E ZINCO EM CASCA DE MARACUJÁ AMARELO

*Bianca de Paula Ramos
Rosane Freire Boina*

DOI 10.22533/at.ed.94719150320

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 217

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL DE LIGAS CU-AL-MN PASSÍVEIS DO EFEITO MEMÓRIA DE FORMA ENVELHECIDAS

Marcos Barbosa Dos Anjos Filho

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Departamento de Engenharias, Caraúbas - RN.

Carlos Cássio de Alcântara

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
Departamento de Engenharias, Caraúbas - RN.

José Joelson de Melo Santiago

Universidade Federal de Campina Grande, Centro
de Ciência e Tecnologia, Campina Grande – PB.

RESUMO: As ligas Cu-9,75%-Al-8,1%Mn- e Cu-9,75%Al-8,1%Mn-0,5%Ti-0,1%B (% em peso), foram elaboradas sem utilização de atmosfera de proteção. Após a elaboração das ligas, as mesmas foram homogeneizadas e temperadas para ativar o efeito de memória de forma. Ao fim desse processo, as ligas foram envelhecidas. A influência do tempo de envelhecimento nas amostras foi estudada através de caracterização por microscopia óptica e ensaio de dureza Brinell. Os resultados obtidos permitiram concluir que as duas ligas temperadas apresentavam estrutura martensítica e, quando submetidas ao envelhecimento houve uma redução na quantidade de martensita presente do grão, além de um aumento notável na dureza das ligas.

PALAVRAS-CHAVE: Efeito de memória de forma. Envelhecimento. Dureza Brinell.

ABSTRACT: The alloys Cu-9,75%-Al-8,1%Mn- e Cu-9,75%Al-8,1%Mn-0,5%Ti-0,1%B (% by weight) were prepared without the use of protective atmosphere. After the alloys were elaborated, they were homogenized and tempered to activate the shape memory effect. At the end of this process, the alloys were aged. The influence of the aging time on the samples was studied by characterization by optical microscopy and Brinell hardness test. The obtained results allowed to conclude that the two tempered alloys had a martensitic structure and, when subjected to aging, there was a reduction in the amount of martensite present in the grain, besides a remarkable increase in the hardness of the alloys.

KEYWORDS: Shape memory effect. Aging. Brinell hardness.

1 | INTRODUÇÃO

As ligas com memória de forma (LMF), do inglês Shape Memory Alloys (SMA), são ligas metálicas que têm sido extensivamente estudadas, nos últimos anos, para utilização em diversos campos de aplicação. Segundo Nava (2013), “As SMA’s constituem um grupo de materiais metálicos capazes de recuperar a forma original (efeito memória de forma) pela imposição de um campo de temperatura, devido

as transformações de fase induzidas no material e as propriedades termoelásticas de superelasticidade” (apud Otsuka, Waiman, 1998).

Podemos destacar aqui as ligas, Ni-Ti, Cu-Al-Ni, Cu-Al-Be e Cu-Al-Mn, como as ligas mais utilizadas. Dentre estas as ligas Ni-Ti, são as que possuem melhores propriedades termoelásticas e que em particular, são amplamente utilizadas em muitas aplicações de engenharia e biomédicas. Algumas das desvantagens que essas ligas sofrem são baixas temperaturas de transformação, dificuldade na produção e processamento e alto custo. Por outro lado, as ligas com memória de forma baseadas em cobre são mais fáceis para produzir, processar e são menos onerosas (CALUÊTE, 2012). Portanto se faz necessário desenvolver ligas Cu-Al com propriedades que permitam a sua utilização nas mais diversas áreas.

O envelhecimento é um tratamento térmico que promove o aumento da dureza no material através da precipitação, entretanto sua utilização em ligas com memória de forma é limitada, tendo pouca informação disponível na literatura. Daí a importância de se obterem mais informações e resultados para essa aplicação. No presente trabalho será estudado o efeito do tempo de envelhecimento na dureza e microestrutura de ligas com e sem a presença de refinadores.

2 | METODOLOGIA

As atividades desenvolvidas foram inteiramente realizadas nas instalações da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

Foram elaboradas duas ligas nas composições nominal Cu-9,75%-Al- 8,1%Mn e Cu-9,75%Al-8,1%Mn-0,5%Ti-0,1%B, a partir de elementos de alta pureza. A carga da liga era composta por Al e Cu comercialmente puros. Para refino de grão foi utilizada a liga mãe Al-5%-Ti-1%B (% em peso). Os componentes das ligas foram cortados e então pesados com auxílio de uma balança analítica marca shimadzu, modelo TX323L.

O Manganês, foi necessária a realização de uma decapagem com ácido nítrico a 10%, a fim de se realizar a desoxidação superficial. Após processo de desoxidação, o manganês foi lavado com água para se retirar totalmente o ataque ácido. Feito isso, procedeu-se a secagem do Mn com fluxo de ar quente e prontamente o elemento foi adicionado ao processo de fusão para evitar a formação de uma nova camada de óxido.

As ligas foram obtidas pelo processo convencional de fundição em um cadinho de argila-grafite, na quantidade de 350g, em um forno mufla microprocessado da marca Lucadema, modelo LUCA 2000 sob atmosfera ambiente. A sequência de adição dos elementos químicos no cadinho foi realizada em ordem decrescente de temperatura de fusão. Por esse critério, o Cu foi inicialmente introduzido no forno. Com a fusão em andamento, foi então introduzido o Mn e posteriormente o Al. Durante a fundição da liga 2, os Al-Ti-B e o Al foram introduzidos juntos no cadinho.

Como etapa final da fundição, as ligas foram vazadas em um molde cerâmico

de seção circular com dimensões aproximadas de 120mm de comprimento x 22mm de largura x 40mm de altura, e foram resfriadas ao ar. Os lingotes foram cortados em cortadora metalográfica da marca Ri-sitec modelo CMR-60, sob refrigeração para evitar eventuais transformações de fase.

Os corpos de prova foram todos tratados termicamente com homogêneos a 850°C durante um período de 12 horas em um forno tipo mufla microprocessado da marca Lucadema, modelo LUCA 2000, com resfriamento brusco em água a temperatura ambiente, de aproximadamente 25 °C, para obtenção do efeito memória de forma. Posteriormente os CPs foram submetidos a tratamento térmico de envelhecimento a temperatura de 450 °C, sob diferentes tempos (1 hora, 3 horas e 5 horas). Após esse tratamento os CPs foram submetidos a têmpera em água a temperatura ambiente.

A análise de dureza foi realizada no durômetro da marca Mitutoyo, modelo HR-300, com carga de 187,5 kgf, tempo de aplicação de carga de 15 s, fator de carga 30 e uma esfera de 2,5 mm ensaiados em temperatura ambiente de acordo com a norma NBR NM-ISO6506-1. Para a medição das calotas esféricas foi utilizado um microscópio digital, juntamente com um software de edição de imagens.

A caracterização microestrutural foi realizada com o auxílio de um microscópio óptico da marca Olympus, modelo GX51. As amostras foram preparadas com lixamento manual e sequencial com lixas de granulometria de 80, 120, 320, 600 e 1200, seguidas de polimento mecânico em alumina 1µm. O ataque químico reativo utilizado nas ligas sem TiB foi o cloreto de ferro III (5g FeCl₃, 30 ml de HCl fumante 37% e 100ml de H₂O destilada). Para as ligas com TiB, o reativo foi 2g de K₂Cr₂O₇, 8ml H₂SO₄, 2ml HCl e 100 ml H₂O destilada. O tamanho de grão das amostras foi medido através da determinação do comprimento médio do intercepto (DCMI) de acordo com a norma NM 241:2001.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de dureza Brinell das Ligas CuAlMn e CuAlMnTiB, os valores obtidos para os tratamentos térmicos: têmpera, envelhecida por 1 hora, envelhecida por 3 horas e envelhecida por 5 horas estão apresentados na Tabela 1.

Tratamentos Térmicos	Dureza [HB]	
	Liga CuAlMn	Liga CuAlMnTiB
Têmpera	219,3	233,8
Envelhecida por 1 hora	223,5	255,2
Envelhecida por 3 horas	241,5	266,3
Envelhecida por 5 horas	249,0	281,9

Tabela 1 – Resultados da Dureza Brinell.

A liga Cu-Al-Mn envelhecida por 1hr apresenta um ligeiro acréscimo na dureza, alcançando 223,5 HB. O aumento da dureza fica mais evidente nas ligas envelhecidas por 3hrs e 5hrs, atingindo 241,5 HB e 249,0 HB, acréscimo percentual de 10,1% e 13,5%, respectivamente em comparação com os corpos de prova submetido a têmpera. Segundo Shivasiddaramiah (2016), foi observado que o aumento da temperatura e tempo de envelhecimento provoca um crescimento na taxa de formação de precipitados, conseqüentemente aumentando o valor de dureza.

A liga Cu-Al-Mn-Ti-B apenas temperada apresentou uma dureza de 233,8 HB. Após 1hr de envelhecimento ocorreu um aumento da dureza para 255,2 HB. Para os tempos de 3hrs e 5hrs, as durezas alcançaram 266,3 HB e 281,9 HB, respectivamente. O aumento da dureza da liga Cu-Al-Mn-Ti-B Temperada (233,8 HB), em relação à liga Cu-Al-Mn Temperada (219,3 HB), advém dos mecanismos de solução sólida intersticial gerada pela adição do B, juntamente com a redução do tamanho de grão.

O tamanho médio de grão foi mensurado através da determinação do comprimento médio do intercepto, de acordo com a norma NBR NM241 :2001. A microestrutura pode ser visualizada nas Figura 1 e Figura 2, através das imagens metalográficas.

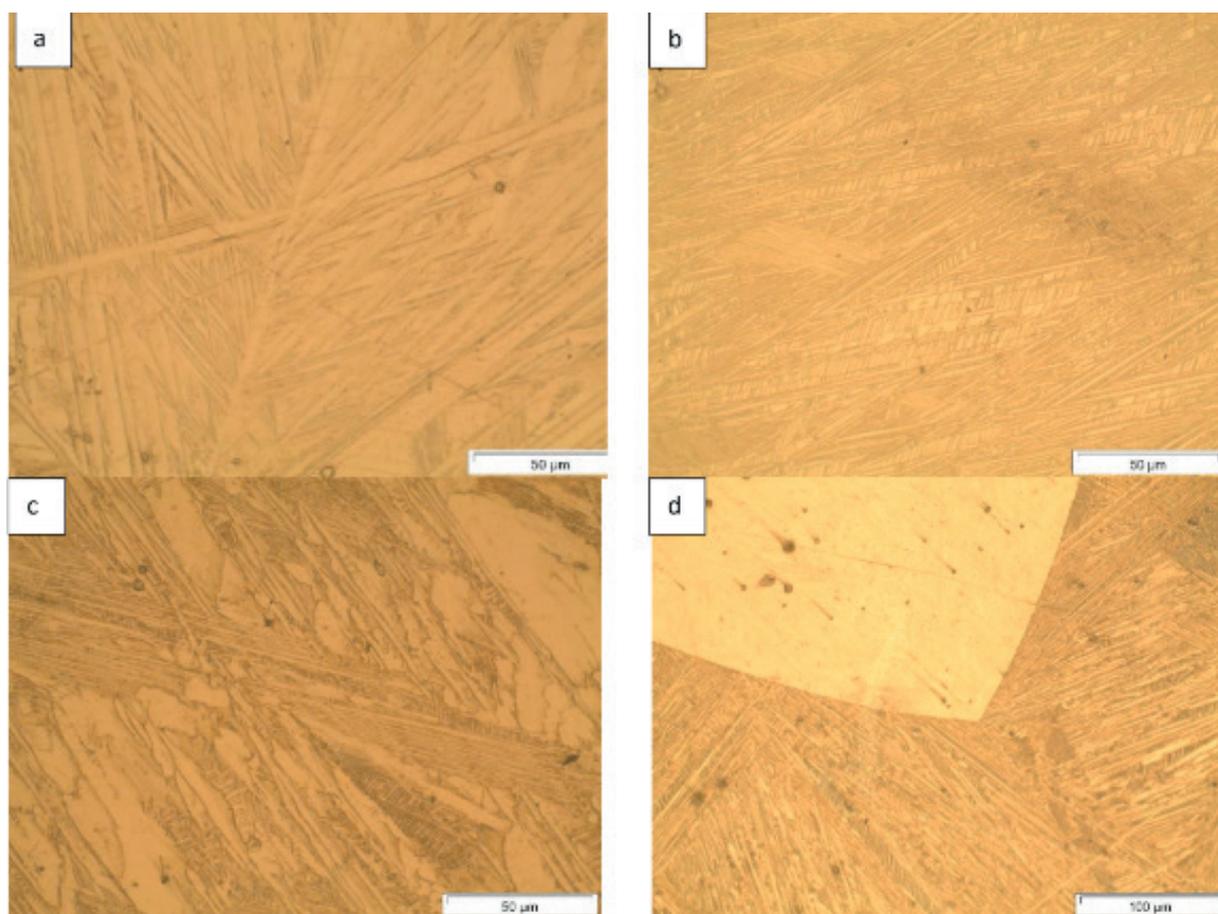


Figura 1 - Microscopia da Liga Cu-Al-Mn (a) Têmpera. (b) Envelhecimento de 1h. (c) Envelhecimento de 3hrs. (d) Envelhecimento de 5hrs.

O diâmetro médio do grão obtido na liga ligas Cu-Al-Mn temperada foi de aproximadamente 1,013mm e na liga Cu-Al-Mn-Ti-B Temperada foi de aproximadamente 0,085 mm. Uma diminuição de 91% provocada pela presença do Ti-B como refinadores.

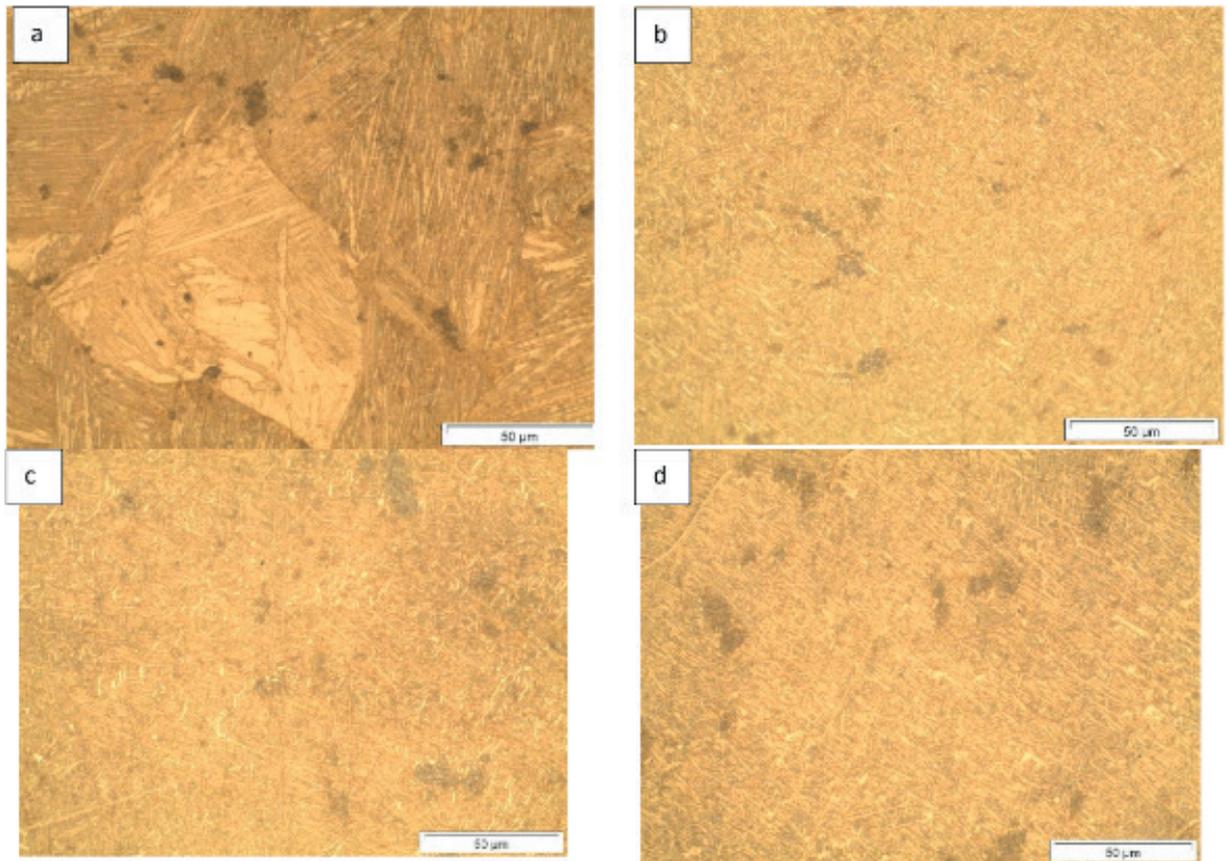


Figura 2 - Microscopia da Liga Cu-Al-Mn-Ti-B (a) Têmpera. (b) Envelhecimento de 1h. (c) Envelhecimento de 3hrs. (d) Envelhecimento de 5hrs.

4 | CONCLUSÕES

A liga Cu-Al-Mn apresentou estrutura completamente martensítica, e o envelhecimento provocou a precipitação de uma fase que ocasionou o aumento da dureza da liga. O envelhecimento da liga também gerou uma diminuição da quantidade de martensita presente no grão. Conforme se aumentou o tempo de envelhecimento, maior a dureza obtida e menor a presença de martensita.

Nas ligas com Cu-Al-Mn-Ti-B, também se notou o aumento da dureza nas amostras submetidas ao tratamento de envelhecimento, as ligas com maiores tempos de envelhecimentos apresentaram uma maior dureza. É importante destacar que esta liga quando temperada, apresentou estrutura martensítica. A adição do Ti-B a liga, provocou uma redução no tamanho do grão conforme esperado.

Logo, com base nos resultados obtidos conclui-se que o tempo de envelhecimento influencia diretamente na dureza e microestrutura da liga.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 241: Determinação do tamanho de grão em materiais metálicos - Procedimento**. 1 ed. Associação Mercosul de Normalização, 2001

CALUÊTE, Rafael Evaristo. **Estudo das Propriedades Termomecânicas da Liga Cu78,3% - Al9,8% - Mn11,9%**. 2012. 40 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

GAMA, Jorge Luís Lauriano. **Transformações de Fases em Ligas de Cobre com Memória de Forma**. 2003. 124 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia Energética e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Alvares; SANTOS, Carlos Alexandre dos. **Ensaio dos Materiais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012.

GONZALEZ, C. H.. **Etude des comportements electro-thermomécaniques et de la stabilisation martensitique d'alliages monocristallins à mémoire de forme base cuivre**. 2002. 178 f. Tese (Doutorado), Institut National Des Sciences Appliquees de Lyon, Lyon, 2002.

LMDM. **Envelhecimento de uma liga**. Disponível em: <<http://www.cienciadosmateriais.org/index.php?acao=exibir&cap=21&top=135>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

LAGOUDAS, D. C.. **Shape Memory Alloys: Modeling and Engineering Applications**. New York: Springer, 2008.

LIMA, Nuno Alexandre Gonçalves. **Tratamento térmico de envelhecimento da liga de fundição AlSi10Mg(Fe)**. 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012

MIELCZAREK, Agnieszka et al. Mechanical and Fatigue Properties of Cu-Al-Mn Shape Memory Alloys with Influence of Mechanical Cycling on Amplitude Dependence of Internal Friction at Room Temperature. **Solid State Phenomena**, [s.l.], v. 137, p.145-154, mar. 2008. Trans Tech Publications. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.137.145>.

NAVA, Marcelo. **Estudo das Cinéticas de Recristalização e Crescimento de Grãos de Ligas com Efeito de Memória de Forma**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

OLIVEIRA, Danniell Ferreira de. **Determinação das Propriedades Termomecânicas de Ligas Cu-Al-Ni E Cu-Al-Be com Efeito Memória de Forma para Utilização como Atuadores Mecânicos**. 2009. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

OMORI, T. et al. Abnormal Grain Growth Induced by Cyclic Heat Treatment. **Science**, [s.l.], v. 341, n. 6153, p.1500-1502, 26 set. 2013. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1238017>.

OMORI, T.; IWAIZAKO, H.; KAINUMA, R.. Abnormal grain growth induced by cyclic heat treatment in Fe-Mn-Al-Ni superelastic alloy. **Materials Design**, Sendai, v. 101, n. 1, p.263-269, 5 abr. 2016.

OTSUKA, K.; WAYMAN, C. M.. **Shape Memory Materials**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

PINA, Euclides Apolinário Cabral de. **Estudo da Estabilização na Liga Cu-Al-Mn com Memória de Forma**. 2006. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

SCHWARTZ, M.. **Smart Materials**. Boca Raton: Crc Press, 2009.

SHIVASIDDARAMIAH, A.g. et al. Synthesis and evaluation of ageing effect on Cu—Al—Be—Mn quaternary Shape Memory Alloys. **Recent Trends In Engineering And Material Sciences**,

Karnataka, v. 8, n. 1, p.113-116, 20 abr. 2016.

SUTOU, Y.; KAINUMA, R.; ISHIDA, K.. Effect of alloying elements on the shape memory properties of ductile Cu–Al–Mn alloys. **Materials Science & Engineering**, Sendai, p.375-379, 1999.

ZAK, G.; KNEISSL, A. C.; ZATULSKIJ, G.. Shape Memory Effect in Cryogenic Cu-Al-Mn Alloys. **Scripta Materialia**, Kiev, v. 34, n. 3, p.363-367, 25 abr. 1996.

ZANABONI, Eleonora. **One Way and Two Way–Shape Memory Effect: Thermo–Mechanical Characterization of Ni–Ti wires**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biomédica, Università Degli Studi di Pavia, Pavia, 2008.

ZHAO, Peng. **Magnetoelastic coupling in NiMnGa ferromagnetic shape memory alloy**. 2006. 129 f. Tese (Doutorado, Faculty Of The Graduate School Of The University Of Maryland, Maryland, 2006.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-194-7

