



# DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ DE TITÂNIO $\beta$

RESUMO CONGRESSO {VIRTUAL} PIBIC 2020

**Proponente:** Mateus Rodrigues de Paula

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo José Contieri

# Em decorrência da condição de isolamento social e priorização das atividades da universidade (GR34 e GR80), em especial, de pesquisa, causadas pela pandemia do novo coronavírus, COVID-19, grande parte dos objetivos proposto no projeto de pesquisa foram prejudicados e conseqüentemente substituídos por abordagens teóricas, conforme acordo estabelecido com a PRP.

## 1. OBJETIVOS PROPOSTOS

Tal projeto, em parceria com a Embraer, ainda em fase de desenvolvimento, tem como objetivo a presença e aplicação de componentes que aumentem, principalmente, a resistência mecânica e de oxidação do material em altas temperaturas; uma vez que sua aplicação é destinada compor a parte quente (peças) das aeronaves.

Ademais, os principais objetivos desta pesquisa são:

- Revisão bibliográfica dos fatores de fases do Ti puro e seu comportamento com a presença de solutos;
- Análise dos compósitos em microscopia eletrônica de varredura (MEV);
- Análise dos compósitos via difração de raios-X;
- Análise das propriedades mecânicas dos compósitos através de ensaios de dureza e compreensão.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como pretexto para o que será trabalhado na análise dos compósitos, foi necessário um estudo de conceitos que são suficientes para a complementação e embasamento deste relatório.

A análise da adição de elementos de liga no titânio tem como objetivo fundamental a composição de novas ligas que consigam usufruir das boas características mecânicas do Ti, diminuir suas características prejudiciais, principalmente o custo, e aprimorar suas condições mecânicas já pré-estabelecidas.

As ligas de Ti podem ser classificadas de acordo com a presença dos seus elementos de liga, sendo estes: alfa estabilizadores, beta estabilizadores ou neutros, formando soluções sólidas substitucionais ou intersticiais, de acordo com a composição e reação soluto-solvente. A Tabela 1 apresenta os principais e comumente elementos de liga utilizados às ligas de Ti, junto com a sua definição e o tipo de solução sólida que é formada.

Tabela 2. Característica alfa, beta estabilizador ou neutro dos elementos de liga.

	Alfa estabilizador	Beta estabilizador		Neutros
		$\beta$ eutóide	$\beta$ isomorfo	
Substitucional	Al	Fe Mn Cr Co Ni Cu Si H	Mo V Nb	Sn Zr
Intersticial	O N B C			

Fonte: Adaptado de JAFFEE (1958) e BOYER et al. (1993).

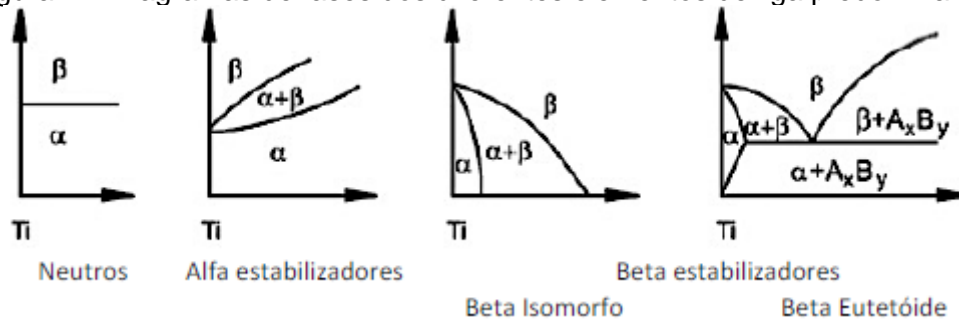
Ademais, o compósito estudado no relatório, com matriz de Ti-Mo-B<sub>4</sub>C ( $\beta$ ) – e partículas de reforço de B<sub>4</sub>C – apresenta um comportamento de fase  $\beta$  que o capacita em aplicações com comportamentos mecânicos positivos. Vale

ressaltar a versatilidade das propriedades de ligas  $\beta$  decorrente da ampla variedade de tratamentos térmicos. Logo, a fase pode evocar uma elevada resistência mecânica, baixo módulo de elasticidade e resistência à fadiga. No entanto, essas ligas apresentam alta densidade e faixas de processamento pequenos para algumas ligas, além do elevado custo devido a adição dos elementos  $\beta$ -estabilizadores.

As fases das ligas de titânio são corroboradas de acordo com a característica e presença de ligas, onde a predominância das mesmas determina a fase na temperatura ambiente. Pode-se considerar, de forma macro, as fases  $\alpha$ ,  $\alpha + \beta$  e  $\beta$ , além das subclasses presentes na fase  $\alpha'$ ,  $\alpha''$ ,  $\beta'$  e  $\omega$ .

Como já foi ressaltado, a adição de elementos de liga citados na Tabela 1 influenciam o comportamento dos diagramas de fases, exemplificados na Figura 1. É nítido analisar a diferença do comportamento de fases de acordo com a presença de alfa estabilizadores, beta estabilizadores ou neutros.

Figura 1 – Diagramas de fases dos diferentes elementos de liga predominantes.



Fonte: LEYENS e PETERS (2003).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa sessão explica-se como foram feitos os lingotes, que posteriormente, serão ensaiados e ainda analisados pelas técnicas descritas mais à frente neste relatório. Ademais, será explicado como foram desenvolvidos os ensaios, a fim de informar todo o processo decorrido para a futura análise. Vale enfatizar que infelizmente os ensaios não foram concluídos devido à incapacidade de permanência nos laboratórios da UNICAMP em consequência do COVID-19, mas que já estavam prontamente iniciados para suas análises.

### 4. CONCLUSÕES FINAIS

Como ressaltado anteriormente, infelizmente não se pôde finalizar os ensaios e análises, a fim de concluir as investigações quanto aos aspectos mecânicos, térmicos e morfológicos/ microestruturais de acordo com seu tipo de tratamento térmico e composição química. Infelizmente, até a conclusão deste relatório, os espaços de pesquisa da faculdade andam encontram-se interditados para as atividades de pesquisa, tudo em acordo com as portarias emitidas pela reitoria (GR34 e GR80). No entanto, mesmo com o término do estágio de iniciação científica, a pesquisa proposta continuará na modalidade de trabalho de conclusão de curso (TCC) e futuramente, após as devidas implementações e aprofundamentos, como pesquisa de mestrado, uma vez que venho cursando disciplinas de pós-graduação como aluno do programa PIF, Programa Integrado de Formação da UNICAMP.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Krebs, Robert E. (2006). **The History and Use of Our Earth's Chemical Elements: A Reference Guide** (2nd edition). Westport, CT: Greenwood Press. ISBN 0-313-33438-2

SEONG, Somi; YOUNOSSI, Obaid; GOLDSMITH, Benjamin W. **Titanium: industrial base, price trends, and technology initiatives**. Rand Corporation, 2009.

LÜTJERING, G.; WILLIAMS, J. C. **Titanium : Engineering Materials and Processes**. [s.l.: s.n.].

VEIGA, C.; DAVIM, J. P.; LOUREIRO, A. J. R. Properties and applications of titanium alloys: abrief review. **Rev. Adv. Mater. Sci**, v. 32, n. 2, p. 133-148, 2012.

BOYER, R. R. An overview on the use of titanium in the aerospace industry. **Materials Science and Engineering: A**, v. 213, n. 1-2, p. 103-114, 1996.

BOYER, R. R.; BRIGGS, R. D. The use of  $\beta$  titanium alloys in the aerospace industry. **Journal of Materials Engineering and Performance**, v. 14, n. 6, p. 681-685, 2005.

JAFFEE, R. I. The physical metallurgy of titanium alloys. **Progress in metal physics**, v. 7, p. 65-163, 1958.

LEYENS, Christoph; PETERS, Manfred (Ed.). **Titanium and titanium alloys: fundamentals and applications**. John Wiley & Sons, 2003.

SHI, X. et al. Microstructure evolution and mechanical properties of near- $\alpha$  Ti-8Al-1Mo-1V alloy at different solution temperatures and cooling rates. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 727, p. 555–564, 2017.

ZHENG, Y.; BANERJEE, D.; FRASER, H. L. A nano-scale instability in the  $\beta$  phase of dilute Ti – Mo alloys. **Scripta Materialia**, v. 116, p. 131–134, 2016.

WILLIAM D. CALLISTER, J. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. [s.l.: s.n.].