

CONFORMAÇÃO, SINTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA LIGA DE TI-16NB OBTIDA POR TAPE CASTING

Diego Michael Cornelius dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Avenida Roraima nº1000, Bairro Camobi, Santa Maria – RS.
E-mail: diegomichael.santos@gmail.com

Natália de Freitas Daudt,

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Avenida Roraima nº1000, Bairro Camobi, Santa Maria – RS.
E-mail: natalia.daudt@ufsm.br

Resumo. Chapas de Ti-Nb são promissoras para aplicações aeroespaciais e em implantes biomédicos, no entanto, o seu processamento pelas rotas tradicionais de laminação apresenta elevados custos, o que acaba limitando sua utilização. Neste contexto, o processo de tape casting se destaca por ser uma alternativa para produção de chapas metálicas a base de titânio, utilizando uma combinação de pós elementares e aglutinantes orgânicos. Desta maneira, este estudo se propõe a fabricar, sinterizar e avaliar os corpos de prova de Ti-Nb, obtidos por tape casting. O desenvolvimento do trabalho foi dividido em cinco etapas: i) mistura dos pós de Ti e Nb com os aglutinantes orgânicos; ii) conformação e corte das chapas; iii) sinterização dos corpos de prova; iv) preparação dos corpos de prova; v) caracterização microestrutural e de microdureza. Os resultados obtidos até o momento demonstram que o processo de tape casting é uma rota viável para produção de chapas finas das ligas de Ti-Nb. No entanto, mais estudos estão em desenvolvimento com o intuito de melhorar a microestrutura e as propriedades mecânicas e serão conduzidos em nossos trabalhos futuros.

Palavras chave: Ligas de titânio, Nióbio, Tape casting, Metalurgia do pó, Doctor blade.

1. INTRODUÇÃO

O titânio é o sétimo metal mais abundante na crosta terrestre e se caracteriza por apresentar uma combinação de propriedades que fazem com que ele seja um material muito utilizado em situações especiais. Dentre estas propriedades destacam-se a sua baixa densidade, elevada resistência mecânica e elevada resistência a corrosão, quando utilizado em baixas temperaturas (Lütjering e Williams, 2007). É estimado que aproximadamente 80% de todo o metal de titânio (Ti) produzido mundialmente seja utilizado em aplicações aeroespaciais, enquanto que os 20% restantes são destinadas as mais variadas aplicações (USDI, 2020) que vão desde o desenvolvimento de próteses biomédicas, geração de energia e desenvolvimento de componentes marítimos (Qian e Froes, 2015).

Uma das ligas de titânio que merece destaque e que ainda é pouco explorada utiliza em sua composição o nióbio (Nb), o qual faz parte de um grupo de materiais refratários que apresenta boa ductilidade e elevada resistência à corrosão (Grill e Gnadenberger, 2006). De uma maneira geral, as ligas de titânio-nióbio (Ti-Nb) podem apresentar três fases distintas: α (alfa), $\alpha + \beta$ (alfa + beta) e β (beta), onde a transição entre estas fases ocorre em função dos parâmetros relacionados à temperatura em que a liga é processada e a sua respectiva composição (Lütjering e Williams, 2007).

Em relação a utilização do titânio e suas ligas, um fator limitante encontra-se no seu processamento, que exige o controle simultâneo de diversos parâmetros. Um dos parâmetros que dificultam seu processamento é o seu elevado ponto de fusão, que acaba exigindo a utilização de elevadas temperaturas para realizar a sua sinterização (Lütjering e Williams, 2007). Além disso, o titânio e suas ligas se tornam reativos sob elevadas temperaturas, exigindo a utilização de atmosfera protetora para qualquer tipo de tratamento térmico a ser realizado acima de 427 °C (Donachie Jr., 2000). Até mesmo suas características mecânicas acabam se tornando um fator limitante, pois acabam dificultando ou até mesmo inviabilizando o seu processamento pelos métodos convencionais de fabricação (Larbaletier e Lee, 1995), exigindo o desenvolvimento de operações e equipamentos especiais, como fornos com melhor uniformidade de temperatura, prensas de forjamento e laminadores mais robustos e fornos a alto vácuo (Froes, 2015). Isso tudo acaba resultando em um elevado custo dos processos convencionais de conformação e fundição do titânio, o que tem motivado a pesquisa e desenvolvimento de processos a base de metalurgia do pó do titânio (Fang *et al.*, 2018).

Com isso, se percebe que a utilização de processos envolvendo a moldagem e sinterização dos pós metálicos se mostram atrativos, tanto na obtenção de lingotes ou peças semiacabadas (Terayama *et al.*, 2013; Bram *et al.*, 2013). Um exemplo de processo que envolve a moldagem e sinterização dos pós é a metalurgia do pó, que ao ser comparada com os processos de fabricação convencionais, apresenta algumas vantagens interessantes, como a utilização mais eficiente do

material, assim como uma redução nas etapas de processamento (Froes, 2015) e que permite a obtenção de propriedades mecânicas e microestruturais semelhantes as obtidas pelos processos convencionais de fabricação (Yolton e Beckman, 1995).

Com relação a fabricação de chapas e/ou corpos de prova de espessuras finas, o processo de *tape casting* utilizado por Daudt *et al.* (2019) permite a obtenção de placas porosas de Ti-Nb e apresenta potencial para aplicação em peças estruturais, como por exemplo os painéis do tipo sanduíche ou implantes biomédicos. Este processo utiliza uma técnica de moldagem por via úmida que pode ser utilizada em diferentes classes de materiais, como por exemplo nos materiais cerâmicos (Das e Maiti, 2009), compósitos (Manu e Sebastian, 2016) e metálicos (Rak e Walter, 2006; Daudt *et al.*, 2019). Por permitir a utilização de diferentes materiais, este processo pode apresentar diversas aplicações como por exemplo, a adesão de um filme de camada eletrolítica densa em células de combustível (Tietz *et al.*, 2002), manufatura de eletrodos porosos (Dicks, 2009), baterias e reatores químicos (Rak e Walter, 2006).

O princípio básico de funcionamento deste processo consiste em utilizar uma suspensão em estado líquido viscoso denominada como barbotina (Hotza, 1997), que é armazenada em um reservatório e é escoada por meio do movimento constante do transportador (Mistler, 2000), como pode ser observado na Figura 1. A espessura da chapa é controlada pela altura do *doctor blade*, que se encontra regulada de acordo com a espessura desejada. Conforme a chapa é moldada, ela passa por uma câmara de aquecimento que acelera a sua secagem, permitindo o seu posterior corte ou armazenagem (Kern e Gadow, 2014).

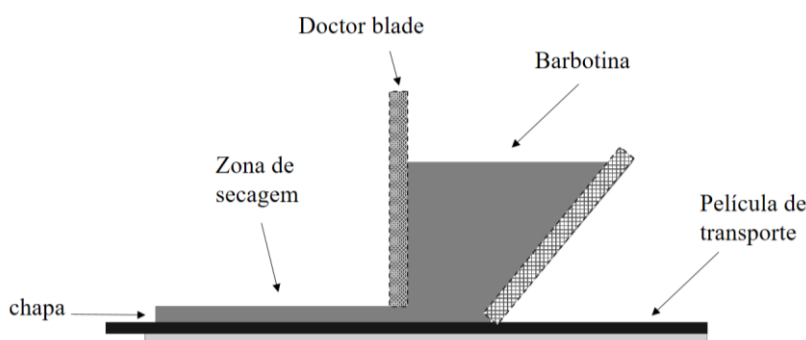


Figura 1 - Esquema ilustrado do processo de *Tape Casting*
(Fonte: Os autores, 2021).

A barbotina é o resultado da mistura dos pós com o aglutinante orgânico (solvente, ligante e plastificante), os quais são combinados em um misturador (Mistler e Twiname, 2000). A utilização dos solventes é usada para dissolver os ligantes e os plastificantes e deve apresentar baixo ponto de ebulição, assim como precisa ser quimicamente inerte em relação aos pós utilizados. Já os ligantes são acrescentados com o intuito de permitir uma determinada resistência verde (situação em que o material se encontra antes de ser sinterizado), permitindo a sua manipulação e armazenamento sem alterar suas dimensões ou formato (Hotza, 1997). A inserção dos plastificantes na mistura, está relacionada ao aumento da flexibilidade da chapa enquanto ela não for sinterizada (Mistler e Twiname, 2000).

Este trabalho objetiva conformar, sinterizar e avaliar os corpos de prova obtidos pela técnica de *tape casting* por meio de ensaio de microdureza Vickers, análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e de espectroscopia por dispersão de energia (EDS).

2. METODOLOGIA

A realização do trabalho é baseada no desenvolvimento de cinco etapas, que se iniciam na preparação dos pós e dos ligantes, e é concluído na caracterização dos corpos de prova, conforme delineado na Figura 2.

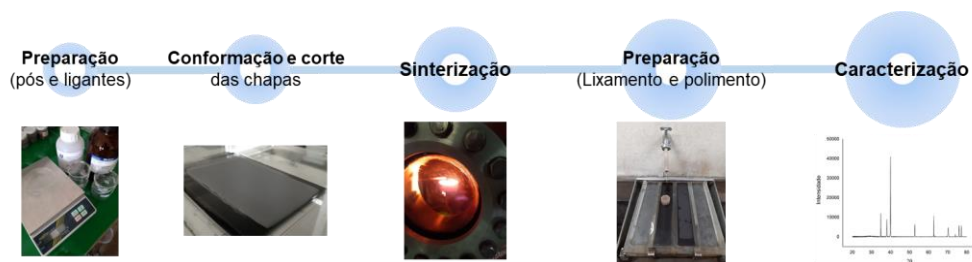


Figura 2 - Etapas do procedimento experimental
(Fonte: Os autores, 2021)

A etapa de preparação consiste em realizar a mistura dos pós metálicos (titânio e nióbio) e dos aglutinantes orgânicos (Álcool isopropílico, etilcelulose e polietileno glicol). Em relação aos pós metálicos, ambos possuem morfologia irregular, no entanto o Ti possui granulometria média de 0,044 mm, enquanto que o Nb apresenta granulometria média de 0,32 mm. Pós de Nb com granulometria grosseira foram utilizadas devido a sua maior disponibilidade e por poder ser obtidos a partir da reciclagem de resíduos da indústria de metalurgia de Nb. Nesta etapa, a massa dos materiais utilizados foi controlada de acordo com o Tabela 1, utilizando-se uma balança de precisão, e a combinação dos aglutinantes foi aquecida por aproximadamente 1 hora a 100 °C, para que a etilcelulose fosse dissolvida. Em seguida, os pós metálicos e os aglutinantes foram misturados no interior de um frasco. A combinação dos elementos é realizada em um misturador do tipo came durante 5 horas, com a utilização de quatro esferas de alumina inseridas no interior do frasco, que auxiliam na homogeneização da mistura. Com a combinação e mistura dos materiais, a barbotina é vazada no reservatório do *doctor blade*, ilustrado na Figura 3(a), o qual é movimentado permitindo a conformação das chapas. Após a secagem das chapas na estufa, a barbotina solidifica dando origem a chapa de Ti-16Nb, que agora pode ser manipulada sem danificar suas dimensões e formato.

Tabela 1 - Quantidade em massa dos materiais utilizados.

Material	Massa [g]
Titânio	59,616
Nióbio	11,356
Álcool isopropílico	11,272
Etilcelulose	0,626
Polietileno glicol (PEG 400)	0,626

(Fonte: Os autores, 2021)

Para realizar a moldagem da chapa, foi desenvolvido um *doctor blade* com reservatório, ilustrado na Figura 3(a). Após as 5 horas no misturador, a barbotina é inserida no reservatório do *doctor blade* que ao ser movimentado permite a obtenção de chapas com as respectivas dimensões ilustradas na Figura 3(b). Após a conformação, a chapa de Ti-16Nb foi aquecida em uma estufa a 70 °C durante 60 minutos, com o intuito de evaporar o solvente remanescente da chapa. Após a secagem das chapas, elas são cortadas de acordo com as medidas de cada corpo de prova. Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizados dois corpos de prova (CP), cada um deles medindo 25 mm de comprimento e 10 mm de largura.

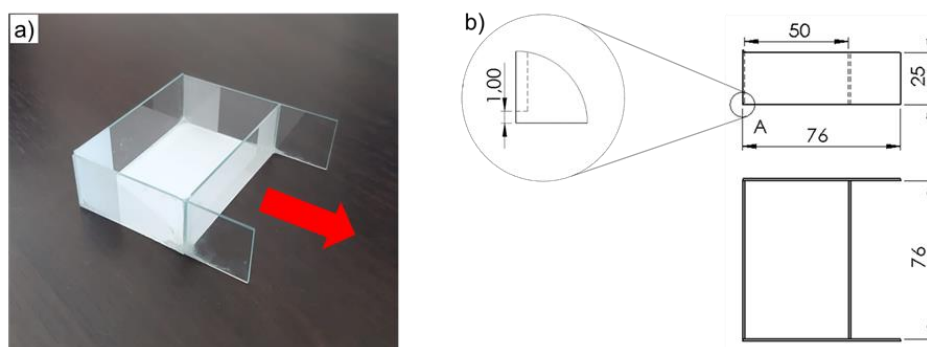


Figura 3 - *Doctor blade* utilizado na conformação das chapas
(Fonte: Os autores, 2021)

Após os cortes dos corpos de prova, a etapa seguinte consiste na sua respectiva sinterização que foi realizada em um forno com vácuo de 10^{-5} mbar, ilustrado na Figura 4(a). A câmara de vácuo foi fabricada sob medida na oficina mecânica do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A amostra é aquecida por meio de um módulo de aquecimento com diâmetro de 40 mm, feito de grafite e coberto por uma camada de nitreto de boro pirolítico, adquirida da empresa UHV Design. O esquema ilustrado do forno pode ser observado na Figura 4(b). Este tipo de forno tem a vantagem de permitir o aquecimento rápido da amostra, e como a amostra é diretamente posicionada sobre o elemento de aquecimento o desperdício de energia é minimizado em relação a fornos convencionais de sinterização. As temperaturas utilizadas na sinterização dos corpos de prova foram as de 900 °C e 1.000 °C, para o tempo de exposição de 1 hora, com o resfriamento das amostras a ser realizado no interior do forno.

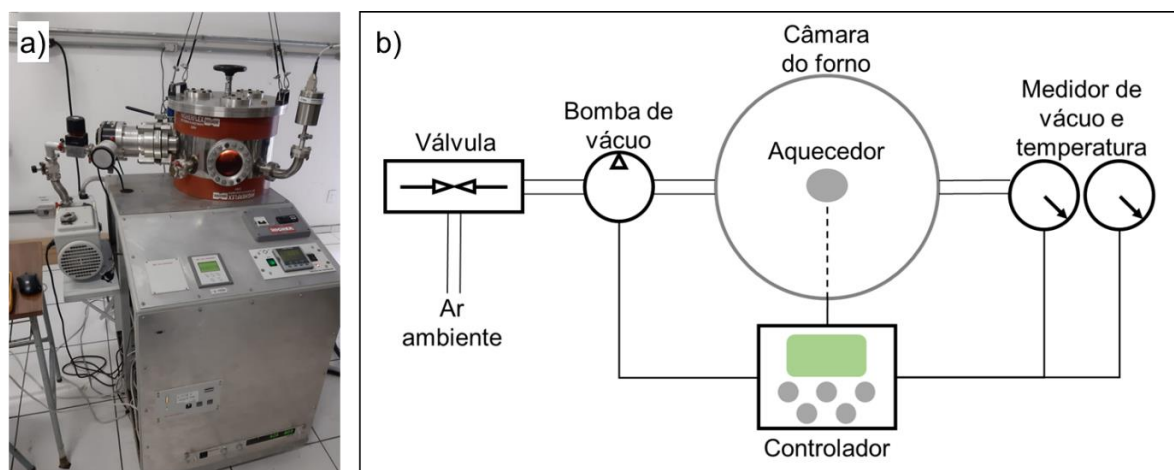


Figura 4 - Forno utilizado para a sinterização das amostras
(Fonte: Os autores, 2021)

A preparação das superfícies seguiu o procedimento proposto por Colpaert (2008), que indica a utilização de água como fluido lubrificante e lixas de carbetto de silício (SiC) com as seguintes granulometrias: 120, 240, 400, 600 e 1.200. Após o lixamento, os corpos de prova ainda são polidos a 300 RPM, em uma politriz metalográfica, utilizando pasta diamantada como material abrasivo, e como fluido refrigerante álcool etílico 92,6°.

A etapa final consiste na caracterização dos corpos de prova. Para o ensaio de microdureza Vickers, cada medição foi realizada utilizando uma força de carregamento de 0,2 kgf durante 15 segundos, com um total de 10 medições para cada corpo de prova. Para realizar a análise microestrutural foi utilizada a microscopia eletrônica de varredura (MEV) e a espectroscopia de energia dispersiva (EDS).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve redução na espessura das chapas, com comprimentos diferentes, durante a secagem que pode chegar a aproximadamente 30%. Isto ocorre, pois após a passagem do *doctor blade*, ocorre o espalhamento da barbotina, além de ocorrer também a evaporação de parte do solvente utilizado, fator este que causa uma redução da massa, como pode ser observado na Tabela 2. A mistura preparada neste estudo permitiu a moldagem de três chapas, com comprimentos diferentes. A partir destas chapas, foram realizados os cortes dos corpos de prova (CP) com dimensões de 25 mm de comprimento e 10 mm de largura.

Tabela 2 - Informações referente as chapas modeladas

Chapa	Dimensões [mm]	Chapa verde [g]	Chapa pré-aquecida [g]	% redução massa
#1	0,73 x 75 x 108	11,784	11,753	0,263%
#2	0,70 x 75 x 100	10,943	10,917	0,238%
#3	0,72 x 75 x 98	10,227	10,202	0,244%

(Fonte: Os autores, 2021)

A massa de cada corpo de prova foi medida em uma balança de precisão e a sua espessura foi medida utilizando-se um micrômetro com resolução de 0,01 mm, antes e após a sinterização. Os dados podem ser observados na Tabela 3, e nota-se, tanto a diminuição da massa quanto a diminuição da espessura dos corpos de prova. A diminuição da massa está associada a evaporação dos solventes presentes na microestrutura de cada CP, enquanto que a diminuição da espessura está ligada ao processo de sinterização, que de acordo com Cristofolini *et al.* (2010), resulta na diminuição da superfície total dos poros, o que acaba por resultar em um aumento da densidade do material, causando a diminuição da espessura dos corpos de prova.

Tabela 3 - Comparação das características dos corpos de prova, antes e após a sinterização

Corpo de prova	Característica	Massa [g]	Espessura [mm]
CP 1 (900 °C)	CP verde (g)	0,315	0,70
	CP sinterizado (g)	0,301	0,65
	% redução	4,444%	7,143%
CP 2 (1.000 °C)	CP verde (g)	0,319	0,75
	CP sinterizado (g)	0,304	0,69
	% redução	4,702%	8,00%

(Fonte: Os autores, 2021)

A sinterização do CP1 foi realizada à vácuo em uma temperatura de 900 °C durante 1 hora, com uma taxa de aquecimento de 15 °C/min e resfriamento ao forno. A análise microestrutural por MEV permitiu a identificação das partículas de Ti e Nb, conforme indicado na Figura 5(a). Com uma análise mais detalhada, na Figura 5(b) é possível notar que a sinterização das partículas encontra-se no seu primeiro estágio pois, de acordo com Thummler e Oberacker (1993), o contato entre as partículas menores de Ti já apresentam pequenas pontes sinterizadas, chamadas de *necks*, no entanto, a morfologia das partículas aparentemente não apresentam modificações em seus formatos.

A área escaneada ilustrada na Figura 5(c), foi analisada por meio do EDS, e permitiu identificar o mapeamento da distribuição dos elementos de Ti e Nb. Em relação ao mapeamento do Ti, na Figura 5(d) e na Figura 5(e) nota-se que praticamente não há difusão entre as partículas de Ti e Nb. Com isto, nota-se que a temperatura de 900 °C não fornece energia suficiente para causar uma difusão significativa do Ti no Nb, ou vice-versa.

Para Leyens e Peters (2003), em relação as ligas de Ti, a temperatura de sinterização se destaca dos demais fatores por apresentar maior relevância nas modificações microestruturais do material. O Ti apresenta fase α , com estrutura hexagonal compacta (HC) até 882 °C, e a partir desta temperatura ocorre a transformação da fase α em fase β , que possui estrutura cúbica de corpo centrado (CCC) (Lütjering e Williams, 2007). Devido a estrutura HC apresentar maior fator de empacotamento atômico que a estrutura CCC, a fase α do Ti possui um coeficiente de difusão menor, em algumas ordens de magnitude, que o coeficiente obtido na fase β . Desta maneira, quanto maior for a temperatura de sinterização, maior será a taxa de difusão entre as partículas presentes nas ligas de Ti-Nb, ou seja, maior será interdifusão dos elementos (Leyens e Peters, 2003; Smallman e Ngan, 2007).

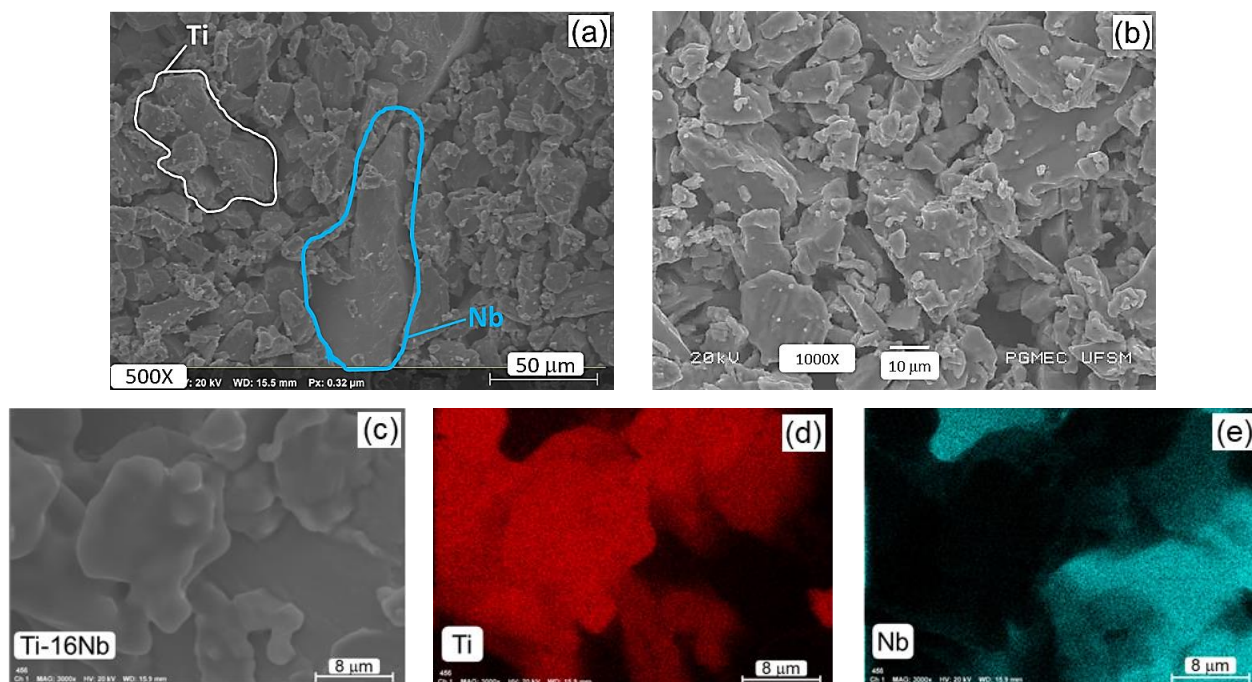


Figura 5 - Sinterização da liga de Ti-16Nb em 900 °C: (a, b) identificação das partículas de Ti e Nb, área escaneada (c) com o mapeamento da distribuição dos elementos de Ti (d) e Nb (e)

(Fonte: Os autores, 2021)

Com a temperatura de 1.000 °C, a sinterização do CP2 encontra-se em um estágio intermediário, de acordo com Thummler e Oberacker (1993), pois é possível identificar o crescimento dos *necks* entre as partículas, além de ser possível notar que a morfologia das partículas sofre um maior grau de deformação, conforme a Figura 6(a) e Figura 6(b). Nestas ilustrações é possível identificar também o surgimento de poros entre os necks, que são um resultado direto das ligações ocorridas entre as diferentes partículas. Em relação análise por EDS realizada na Figura 6(c), observa-se uma maior difusão, tanto do Ti (Figura 6(d)) quanto do Nb (Figura 6(e)). Porém ainda se nota que a sinterização não está completa, sendo necessária a utilização de maiores temperaturas a fim de se obter uma microestrutura mais densa e homogênea. A avaliação de temperaturas de sinterização superiores será conduzida como continuação desse trabalho.

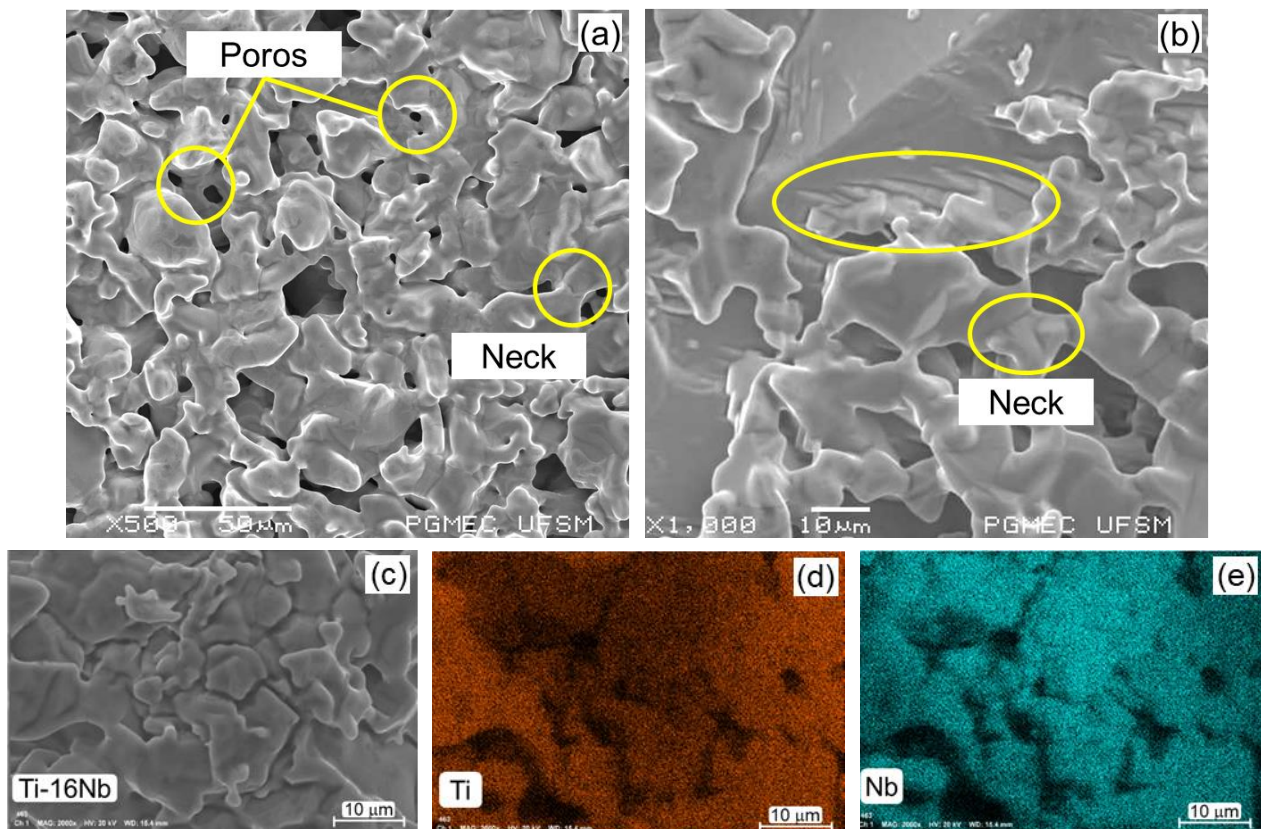


Figura 6 - Sinterização da liga de Ti-16Nb em 1.000 °C: (a, b) identificação dos poros e necks, área escaneada (c) com o mapeamento da distribuição dos elementos de Ti (d) e Nb (e)

(Fonte: Os autores, 2021)

O ensaio de microdureza Vickers revelou que o corpo de prova sinterizado a 1.000 °C apresentou uma dureza 38% superior em relação ao corpo de prova sinterizado em 900 °C. Este aumento de dureza ocorreu em função da utilização de uma temperatura de sinterização maior, que permitiu maior difusão entre os átomos dos materiais utilizados, promovendo a formação parcial de uma liga. Além disso, o aumento de temperatura causou um aumento da fase β presente no Ti, o que contribuiu para o aumento da dureza da amostra.

Tabela 4 – Medições do ensaio de microdureza

Corpo de prova	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	Média
CP1	54,6	57,2	63,2	60,6	66,9	68,9	61,2	70,1	61,4	66,1	63,02
CP2	76,3	101	74,7	99,8	88,1	94,7	97,6	78,8	86,1	78,4	87,55

(Fonte: Os autores, 2021)

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do trabalho consistiu em conformar chapas de Ti-16Nb, seguido pelo corte dos corpos de prova, a sua respectiva sinterização e caracterização microestrutural. Em relação a conformação das chapas, a técnica de *tape casting* se mostrou promissora pela simplicidade com que ela foi realizada, o que pode acabar contribuindo para o desenvolvimento de novos estudos acadêmicos, tendo em vista que sua aplicação não depende de equipamentos auxiliares para a obtenção das chapas ou dos corpos de prova, como por exemplo as prensas ou laminadores.

No que diz respeito a sinterização dos corpos de prova, as temperaturas utilizadas permitiram a obtenção de uma microestrutura característica, que pode ser relacionada a um estágio intermediário de sinterização, a qual possui elevada porosidade e baixa taxa de difusão. Em relação ao ensaio de microdureza, a sinterização realizada nos corpos de prova permitiu obter valores de dureza relativamente baixos, no entanto, foi possível observar que o corpo de prova sinterizado a 1.000 °C, apresentou um aumento de dureza de 38% (em média) se comparado com o corpo de prova sinterizado em 900 °C.

Com isso, nota-se que é necessária a utilização de temperaturas superiores a 1.000 °C para a obtenção de uma liga de Ti-16Nb com baixa porosidade, o que poderá contribuir para a melhora das características mecânicas e microestruturais da liga. Portanto, como continuação deste estudo, a investigação de temperaturas de sinterização entre 1.000 e 1.500 °C, bem como a avaliação das propriedades mecânicas das chapas de Ti-16Nb, encontram-se em desenvolvimento e os resultados deverão ser publicados em breve.

5. REFERÊNCIAS

- Bram, M.; Ebel, T.; Wolff, M.; Cysne Barbosa, A.P.; Tuncer, N., 2013. "Applications of powder metallurgy in biomaterials". In Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering, Advances in Powder Metallurgy, pp. 520-554.
- Colpaert, Hubertus, 2008. "Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns". São Paulo: Blucher. 4 ed.
- Cristofolini, I., Rao, A., Menapace, C., Molinari, A., 2010. Influence of sintering temperature on the shrinkage and geometrical characteristics of steel parts produced by powder metallurgy. Journal of Materials Processing Technology, 210;210:1716–1725.
- Das, N.; Maiti, H.S., 2009. "Ceramic membrane by tape casting and sol-gel coating for microfiltration and ultrafiltration application". Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol. 70, n. 11, p. 1395-1400.
- Daudt, N. F.; Hackemüller, F. J.; Bram, M., 2019. "Manufacturing of Ti-10Nb based metal sheets by tape casting". Materials Letters, Vol. 237, 2019, p. 161-164.
- Dicks, A.L., 2009. "Fuel cells – Molten carbonate fuel cells: Overview". Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, p. 446-453.
- Donachie Jr, M. J., 2000. "Titanium: a technical guide". 2 ed.
- Fang, Z.Z.; Paramore, J.D.; Sun, P.; Ravi Chandran K. S.; Zhang, Y. ; Xia, Y.; Cao, F.; Koopman, M.; Free, M., 2018 Powder metallurgy of titanium – past, present, and future, International Materials Reviews, Vol. 63, n.7, p. 407-459.
- Froes, F. H., 2015. Titanium: Physical metallurgy processing and applications. Ohio: ASM International.
- Grill, R.; Gnadenberger, A., 2006. "Niobium as mint metal: Production-properties-processing". International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, Vol. 24, n. 4, p. 275-282.
- Hotza, Dachamir, 1997. Artigo revisão: colagem de folhas cerâmicas. Cerâmica [online], vol.43, n.283-284, p.159-166.
- Kern, F.; Gadow, R., 2014. "Advanced manufacturing of hard ceramics". Comprehensive Hard Materials. Vol. 2, p. 207-228.
- Larbalestier, D. C.; Lee, P. J., 1995. "New developments in niobium titanium superconductors". Proceedings Particle Accelerator Conference, Vol. 2, pp. 1276-1281.
- Lütjering, G.; Williams, J., 2007. "Titanium: Engineering materials and processes". Manchester: Springer. 2 ed.
- Manu, K.; Sebastian, M. T., 2016. "Tape casting of low permittivity Wesselsite-Glass composite for LTCC based microwave applications". Ceramics International, Vol. 42, n.1, Part B, p. 1210-1216.
- Mistler R. E.; Twinn, E. R., 2000. "Tape casting: Theory and practice". Westerville: The American Ceramic Society.
- Leyens, C., Peters, M., 2003. Titanium and Titanium alloys: Fundamentals and applications. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.
- Rak, Z. S.; Walter, J., 2006. "Porous titanium foil by tape casting technique". Journal of Materials Processing Technology, Vol. 175, p. 358-363.
- Smallman, R., Ngan, A. H., 2007. Physical Metallurgy and Advanced Materials. Oxford: Butterworth-Heinemann. 7 ed.
- Terayama, A.; Fuyama, A.; Yamashita, N.; Ishizaki, I.; Kyogoku, H., 2013. "Fabrication of Ti-Nb alloys by powder metallurgy process and their shape memory characteristics". Journal of Alloys and Compounds, Vol. 577, Supplement 1, pp. 408-412.
- Thummler, F., Oberacker, R., 1993. "An introduction to powder metallurgy". London: Institute of materials.
- Tietz, F.; Buchkremer, H. P.; Stöver, D., 2002. "Components manufacturing for solid oxide fuel cells". Solid State Ionics, Vol. 152–153, p. 373-381.

USDI - United States Department Of The Interior, 2020. "Mineral commodity summaries 2019". 6 Mar 2021
< <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries>>.

Qian, M.; Froes, F. H., 2015. "Titanium powder metallurgy: science, technology and applications".

Yolton, F.; Beckman, J., 1995. "Powder metallurgy processing and properties of the ordered orthorhombic alloy Ti₂₂at.%Al₂₃at.%Nb". Mat. Sc. and Eng. A-structural Mat. Prop. Microstructure and Processing. Vol. 192, pp. 597-603.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

CONFORMATION, SINTERIZATION AND EVALUATION OF THE TI-16NB ALLOY OBTAINED BY TAPE CASTING

Abstract. *Ti-Nb plates are promising for aerospace applications and in biomedical implants, however, their processing by traditional lamination routes presents high costs, which ends limiting their use. In this context, the tape casting process stands out for being an alternative for the production of titanium-based metal plates, using a combination of elementary powders and organic binders. Therefore, this study proposes to manufacture, sinter and evaluate the Ti-Nb specimens, obtained by tape casting. In this way, the development of the work was divided into five steps: i) mixing of Ti and Nb powders with organic binders; ii) conformation and cutting the plates; iii) sintering of the specimens; iv) preparation of the specimens; v) microstructural and microhardness characterization. The results obtained so far demonstrate that the tape casting process is a viable route for the production of thin plates of Ti-Nb alloys. However, more studies are being developed in order to improve the microstructure and mechanical properties and will be conducted in our future work.*

Keywords: *Titanium alloys, Niobium, Tape casting, Powder metallurgy, Doctor blade.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.