



Workshop de Pesquisa
em Manufatura

ANAIS DO V WORKSHOP DE PESQUISA EM MANUFATURA



Workshop de Pesquisa
em Manufatura

ANAIS DO V WORKSHOP DE PESQUISA EM MANUFATURA



EDITORA
OMNIS SCIENTIA

Editora Omnis Scientia

ANAIS DO V WORKSHOP DE PESQUISA EM MANUFATURA

Volume 1

1ª Edição

TRIUNFO – PE

2021

PROMOÇÃO:

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEMec/UFSCar)

Apresentadores (as):

Adailton Gomes Pereira

Alana Carla Miranda Araújo

Bruna Oliveira da Silva

Bruno Alexandre Roque

Caique de Castro Gonçalves

Cassiano da Silva Tavares

Cristie Luis Kugelmeier

Gustavo Roberto dos Santos

Henrique A. C. Durello

Hugo Emanuel de Andrade Costa

Jonatan Augusto da Silva

Leones Contini Junior

Marco Gabriel Lorenzoni

Matheus Luis Manfredo

Paulo De Tarso Durigan

Rafael Fernando Teixeira

Talia Gibim

Tony Emerson Marim.

Participantes do painel:

Carlos Eiji Hirata Ventura

Danielle Cristina Camilo Magalhães

Rodrigo da Silva (“PPGEMec: Presente e futuro”).

Palestrante:

Yayue Pan - University of Illinois Chicago (“Field-assisted Photopolymerization-based Additive Manufacturing for Productions of Multi-Functional Materials and Devices”)

Comitê científico:

Alexandre Tácito Malavolta

Carlos Eiji Hirata Ventura

Danielle Cristina Camilo Magalhães

Flávio Yukio Watanabe

Marcos Roberto Monteiro

Rodrigo da Silva

Sérgio Henrique Evangelista.

Comissão organizadora:

Adailton Gomes Pereira

Armando Ítalo Sette Antonialli

Bruna Oliveira da Silva

Edson Bruno Lara Rosa

Sidney Bruce Shiki.

Imagem de Capa

Freepik

Edição de Arte

Vileide Vitória Larangeira Amorim

Revisão

Os autores



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

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

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

W912a Workshop de Pesquisa em Manufatura (5 : 2021)
Anais do [...] / V Workshop de Pesquisa em Manufatura, 10
dezembro 2021. – Triunfo, PE: Omnis Scientia, 2021.
52 p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-88958-78-0

DOI 10.47094/978-65-88958-78-0

1. Engenharia mecânica – Brasil – Congressos. 2. Manufaturas.
I. Título.

CDD 621.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Editora Omnis Scientia

Triunfo – Pernambuco – Brasil

Telefone: +55 (87) 99656-3565

editoraomnisscientia.com.br

contato@editoraomnisscientia.com.br



PREFÁCIO

A exemplo do ensino e da extensão, a pesquisa no âmbito da Engenharia Mecânica apresenta-se bastante ampla e diversificada. A ramificação mais canônica dessa modalidade de engenharia aponta para três áreas fundamentais: Projeto de Sistemas Mecânicos, Ciências Fluidotérmicas e Processos de Fabricação. Outras subdivisões, como Dinâmica e Vibrações, Mecatrônica e Metrologia, flutuam entre as três grandes áreas. Sendo assim, a nucleação e o crescimento do Grupo de Pesquisa em Manufatura Inteligente (GPMI), devidamente registrado no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq e reconhecido pela UFSCar, têm sido salutar no sentido da consolidação do Departamento de Engenharia Mecânica (DEMec) e do curso de graduação em Engenharia Mecânica. Da mesma forma, O GPMI se mostra essencial enquanto alicerce para o recém-criado curso de mestrado acadêmico dentro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEMec), conferindo-lhe vocação e identidade. Finalmente, a comunicação e a difusão dos resultados obtidos pelo grupo propiciam o alinhamento do mesmo ao lema da UFSCar: excelência acadêmica e compromisso social. O objetivo geral do "V Workshop de Pesquisa em Manufatura" consiste em disseminar os trabalhos em andamento dentro do Grupo de Pesquisa em Manufatura Inteligente (GPMI) e de outros grupos afins à área de Manufatura, promovendo discussões profícuas e de alto nível com o público interno e externo à universidade. Como objetivos específicos, destacam-se a exposição dos estudantes de graduação e pós-graduação a um ambiente de conferência científica sem sair de casa e a oportunidade de contar com convidados com grande potencial de contribuição a essa área do conhecimento. O evento foi realizado ao longo do dia 10 de dezembro de 2021, de forma online, de maneira a viabilizar e fomentar a participação de uma parcela significativa de estudantes.

SUMÁRIO

INFLUÊNCIA DA SENSIBILIDADE DE PARÂMETROS DOS MODELOS DE AVRAMI NAS CINÉTICAS DE RECRISTALIZAÇÃO SOBRE O TAMANHO DE GRÃO EM UM PROCESSO DE LAMINAÇÃO A QUENTE DE LIGA DE AÇO SAE 4140.....	10
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA EXTRUSÃO EM CANAL ANGULAR COM TORÇÃO (ECA-T): INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA NA DEFORMAÇÃO.....	13
OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA APLICADA NO CONTEXTO DE PRÓTESES HUMANAS.....	15
PROCESSO DE DOBRAMENTO A FRIO DE CHAPAS FINAS METÁLICAS: ANÁLISES POR ELEMENTOS FINITOS, EXPERIMENTOS E MODELO MATEMÁTICO PARA COMPENSAÇÃO DO RETORNO ELÁSTICO.....	17
FORÇAS NA ESTAMPAGEM INCREMENTAL DE CHAPA FINA METÁLICA POR MEIO DE EXPERIMENTOS E ANÁLISES POR ELEMENTOS FINITOS.....	19
MODELAGEM DE CURVAS DE FLUXO PLÁSTICO DE UM AÇO BIFÁSICO UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	22
APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE MACHINE LEARNING PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PEÇAS IMPRESSAS EM 3D.....	24
ESTUDO DA PREVISIBILIDADE DO ERRO DE TRANSMISSÃO DE ENGRENAGENS DE DENTES RETOS PARA PROJETO DE MODIFICAÇÕES DE MICROGEOMETRIA.....	26
CONTRIBUIÇÃO DO PRÉ-AQUECIMENTO DO SUBSTRATO NA PREVENÇÃO DE TRINCAS EM REVESTIMENTOS GERADOS POR LASER CLADDING.....	28
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE CORTE SOBRE O ESTADO DE SUPERFÍCIE NO TORNEAMENTO DA LIGA TI-6AL-4V ELI.....	30
INFLUÊNCIA DO TAMANHO DO GRÃO DO REBOLO NA QUALIDADE SUPERFICIAL DO INSERTO DE CORTE DE METAL DURO RETIFICADO.....	36
INVESTIGAÇÃO DOS MECANISMOS DE REMOÇÃO DE MATERIAL NA RETIFICAÇÃO DE INSERTOS DE CORTE.....	38
SHUNT PIEZOELÉTRICO PARA CONTROLE PASSIVO DE CHATTER NO PROCESSO DE TORNEAMENTO DE LIGAS DE TITÂNIO.....	40
AVALIAÇÃO DE TEXTURAS INDUZIDAS POR VIBRAÇÃO NO TORNEAMENTO DURO DE UM AÇO FERRAMENTA.....	42
INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CONTROLE TÉRMICO ATIVO SOBRE A RESISTÊNCIA MECÂNICA E QUALIDADE SUPERFICIAL DE PEÇAS IMPRESSAS PELA TÉCNICA FPM.....	44

ATUALIZAÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA ANTIGAS ATRAVÉS DE INSTRUMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO: UM ESTUDO SOBRE O EFEITO DO MONITORAMENTO DO PROCESSO DE TORNEAMENTO NA QUALIDADE SUPERFICIAL.....	46
AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DO AÇO INOXIDÁVEL LEAN DUPLEX 2404 APÓS SIMULAÇÕES DE CICLOS TÉRMICOS DE ZONAS TERMICAMENTE AFETADAS REALIZADAS POR GLEEBLE.....	48
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO ACABAMENTO SUPERFICIAL NA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO 1020 EM BIODIESEL E SUAS MISTURAS COM ÓLEO DIESEL.....	50

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE CORTE SOBRE O ESTADO DE SUPERFÍCIE NO TORNEAMENTO DA LIGA TI-6AL-4V ELI

Gustavo Vinicius Ferreira da Silva¹

Alana Carla Miranda Araújo²

Prof. Dr. Armando Ítalo Sette Antoniali³

Prof. Dr. Marcos Roberto Monteiro⁴

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSCar, São Carlos, Brasil

¹gustavo.ferreira@estudante.ufscar.br ²alanaaraujo@estudante.ufscar.br

³antonialli@ufscar.br ⁴marcosmonts@gmail.com

Resumo: O titânio e suas ligas constituem materiais propícios para aplicações nas indústrias aeroespacial, automotiva, petroquímica e biomédica. Por apresentarem excelente biocompatibilidade, ligas de titânio são empregadas massivamente em implantes ortopédicos, especialmente a liga Ti-6Al-4V ELI. Assim sendo, a presente revisão analisa a influência direta de parâmetros particulares do torneamento de componentes a base da liga Ti-6Al-4V ELI sobre a rugosidade superficial final. Foram compilados estudos envolvendo torneamento da liga de titânio com variação da velocidade de corte em três níveis. A análise da rugosidade média obtida permitiu concluir que dentro dos limites estabelecidos, o aumento da velocidade de corte resultou em diminuição da rugosidade média, resultado consistentemente oposto ao observado em estudos da mesma correlação o porém envolvendo o processo de fresamento.

Palavras-chaves: Torneamento. Velocidade de corte. Ti-6Al-4V ELI. Rugosidade Média. Ligas de titânio

1. INTRODUÇÃO

Dentre os materiais que atendem aos requisitos associados à biomateriais, destacam-se aqueles à base de titânio. Além disso as características das ligas de titânio as fazem materiais ideais para aplicações nas indústrias aeroespacial, automotiva, petroquímica [2] a maioria dos sistemas de placas ósseas e próteses para restauração de articulações é composta de ligas de titânio. As ligas de titânio apresentam elevadas temperaturas de fusão e dureza, excelentes propriedades mecânicas, alta resistência à corrosão, ótima razão resistência-peso e biocompatibilidade. Além disso o titânio tem um módulo de elasticidade mais próximo ao tecido ósseo, não causa interferência de sinal na ressonância magnética e é considerado mais biocompatível do que o aço inoxidável [3] um outro biomaterial empregado na fabricação de implantes ortédicos(temporários e permanentes)

As propriedades físicas e químicas do titânio, embora o tornem adequado para uma ampla gama de aplicações, também o fazem ser reconhecido pela baixa usinabilidade. Dentre as características que dificultam sua usinagem, destacam-se [4; 5; 6; 7]:

baixa condutividade térmica: essa característica atua concentrando o calor na zona de corte, criando altos gradientes de temperatura que levam a um rápido desgaste da ferramenta e que, em alguns casos, podem causar sua falha catastrófica;

alta reatividade química: a alta reatividade química do Ti com outros materiais, especialmente em elevadas temperaturas, causa adesão localizada na ferramenta que provoca aumento do desgaste, lascamento e eventual

falha da ferramenta, além de formar aresta postíca de corte (APC) instável que deteriora o acabamento da peça. E1 1.ssa afinidade também facilita a difusão intersticial de nitrogênio e oxigênio na estrutura do material, contribuindo parcialmente para o endurecimento da superfície e encruamento do Ti; dureza e resistência: a alta dureza a quente e alta resistência mecânica das ligas de Ti geram altas forças de usinagem que resultam em deformação da ferramenta. Além disso, a alta resistência ao cisalhamento dinâmico durante o corte resulta em tensões de cisalhamento localizadas e cavacos segmentados que geram forças dinâmicas cíclicas devido à variação da espessura e largura do cavaco, causando baixa qualidade da superfície usinada, *chatter* e ruptura na ponta da ferramenta; baixo módulo de elasticidade: implica em grandes deflexões da peça durante a usinagem, aumentando a vibração, *chatter* e o atrito, prejudicando o acabamento; encruamento: aumenta o ângulo de cisalhamento, produzindo um cavaco muito fino, com conseqüente área de contato com a ferramenta muito pequena, causando altas tensões na ponta do inserto. Essa característica, aliada a baixa condutividade térmica, faz aumentar a temperatura do material, favorecendo a rápida falha da ferramenta.

De acordo com Ezugwu e Wang [4], comumente, classificam-se as ligas de titânio de acordo com as fases presentes em sua microestrutura, de forma que podemos subdividi-las em: 1. ligas alfa, que apresentam apenas a fase hexagonal compacta (HC), como verificado no titânio comercialmente puro em temperatura ambiente.

2. ligas beta, que apresentam a fase cúbica de corpo centrado (CCC), estável no titânio puro apenas em temperaturas elevadas, mas viabilizada com a presença de elementos betagênicos; 3. ligas alfa-beta, por fim, apresentam ambas as fases, HC e CCC, graças à presença de elementos de liga alfa e betagênico. A liga Ti-6Al-4V é um exemplo deste tipo de liga. O titânio comercialmente puro (CP, liga alfa) e Ti-6Al-4V ELI (*Extra Low Interstitial*), normatizados, respectivamente, pela ASTM F67 [8] e ASTM F136 [9], são os dois biomateriais à base de titânio mais comuns empregados em implantes ortopédicos [10].

Rezende *et al.* afirmam que a superfície de um biomaterial responde diretamente pela qualidade e quantidade de tecidos reparacionais formados, já que constitui plataforma para a migração e crescimento celular [11]. Assim, a resposta dos biomateriais quando inseridos em um organismo vivo não depende apenas da sua composição, mas, sobretudo de parâmetros associados à integridade superficial, como rugosidade, molhabilidade e mobilidade superficial, carga elétrica, cristalinidade e heterogeneidade a reações biológicas. Entretanto, ainda pairam dúvidas no que diz respeito às propriedades ideais das superfícies de implantes para se obter a biofixação adequada, fazendo com que as variáveis de controle devam ser independentemente analisadas [12]. Sun e Guo [13] destacam que, apesar de fundamental, a integridade superficial induzida pelo fresamento, que inclui rugosidade superficial, tensão residual, alterações da microestrutura da superfície e microdureza, tem recebido pouca atenção, enquanto que Revankar *et al.* [14] afirmam que a medição e a caracterização da qualidade da superfície usinada pode ser considerada como um tradutor do desempenho do processo de usinagem empregado.

Observa-se na literatura especializada estudos envolvendo a relação entre a rugosidade superficial de ligas de titânio e as condições de usinagem empregadas, porém os resultados desses estudos não apresentam concordância [15]. Assim sendo, a presente revisão pretende contribuir com a compreensão acerca da influência direta de parâmetros particulares do torneamento de componentes a base da liga Ti-6Al-4V ELI sobre o aperfeiçoamento da rugosidade superficial final.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo teórico realizado baseou-se principalmente em uma pesquisa bibliográfica, elaborada a partir de levantamentos de material publicado em periódicos indexados, que tratam da análise e posições sobre a problemática deste trabalho. Os levantamentos bibliográficos foram realizados por meio do Portal de Periódicos da capes que oferece acesso a textos completos, disponíveis em 45 mil publicações periódicas, internacionais, e a diversas bases de dados, que reúnem desde referência e resumos de trabalhos

acadêmicos e científicos, até normas técnicas, patentes, teses e dissertações, dentre outros tipos de materiais, cobrindo todas as áreas do conhecimento. Inclui também uma seleção de importantes fontes de informação científica e tecnológica de acesso gratuito na web (Portal de periódicos CAPES/MEC). As palavras-chaves utilizadas para os levantamentos foram: torneamento; velocidade de corte; Ti-6Al-4V ELI, Rugosidade média e ligas de titânio. A metodologia de coleta de dados foi empregada, principalmente, para identificar e obter informações que contribuíssem com o melhor entendimento sobre a influência direta de parâmetros particulares do torneamento de componentes a base da liga Ti-6Al-4V ELI na rugosidade superficial final.

É significativa, de forma que analisando especificamente tal parâmetro, é possível prever que trabalhos onde foram utilizados baixos valores de avanço apresentem baixos valores de rugosidade média.

Tabela 1. Parâmetros de corte empregados em estudos envolvendo torneamento da liga Ti-6Al-4V ELI

Referência	Autor	Ano	Vc [m/min]	f [mm]
17	W. Niu et al.	2013	50, 100 e 150	0,04
18	N. E. Karkalos et al.	2016	26,4, 32,05 e 37,7	0,6
19	P. A. le Roux et al.	2020	40, 75 e 110	0,2
20	S. Prandhan et al.	2019	65, 112 e 124	0,1

Em complementação, a Tabela 2 apresenta as propriedades mecânicas da liga Ti-6Al-4V-ELI, enquanto que a Tabela 3 apresenta a composição química da mesma liga.

Tabela 2. Propriedades mecânicas: Ti-6Al-4V ELI

Material	Dureza (HV)	Limite de escoamento (MPa)	Limite de resistência à tração (MPa)	Alongamento (%)	Redução de área (%)
Ti-6Al-4V ELI	300-400	795	860	10	25

Material	N Máx	C Máx	H Máx	Fe Máx	O Máx	Au	V	Ti
Ti-6Al-4V ELI	0,05	0,08	0,012	0,25	0,13	5,5-6	3,5-4,5	Balanço

Tabela 3. Composição química: Ti-6Al-4V ELI Composição (% em massa)

3. RESULTADOS PRELIMINARES

Muitos estudos têm avaliado a influência de parâmetros de corte sobre o desgaste da ferramenta, forças de corte, vida de ferramenta, mecanismos de desgaste, rugosidade induzida, entre outras variáveis de resposta. Na Tabela 1 são compilados estudos envolvendo torneamento da liga Ti-6Al-4V ELI, e seus respectivos parâmetros de corte empregados. É possível observar que em todos os trabalhos foram utilizados valores fixos para o avanço (f) e variação da velocidade (V_c) de corte em três níveis. Salienta-se que a diferença absoluta entre os valores de avanço utilizados. Conhecidamente, a rugosidade sofre influência de diversos parâmetros de usinagem, que incluem a geometria da ferramenta de corte, a geometria da peça, a rigidez da máquina-ferramenta, o material da peça, as condições de corte e o material da ferramenta. Tomando os três principais parâmetros de corte envolvidos em um processo de usinagem: avanço, velocidade de corte e profundidade de usinagem, Machado *et al.* [21] afirmam que o avanço é o parâmetro mais influente sobre a rugosidade, pois a altura dos picos e a profundidade dos vales das marcas de avanço tendem a aumentar em proporção quadrática.

Mishra *et al.* [22] avaliando o torneamento da liga Ti-6Al-4V ELI com inserto revestido *wiper* verificaram que o avanço constitui o parâmetro de corte mais influente sobre a rugosidade (influência de 71,484%), seguido da profundidade de corte (20,292%) e da velocidade de corte (8,044%).

A Figura 1 apresenta o comportamento da rugosidade média obtida nos trabalhos analisados em função da variação do parâmetro velocidade de corte. Verifica-se uma leve tendência a diminuição da rugosidade média mediante aumento da rotação da peça que caracteriza aumento da velocidade de corte, entretanto, há uma dispersão da variável de resposta explicitada pela variância ($0,4\mu\text{m}$) que corresponde a 42% do valor médio de $0,965\mu\text{m}$.

Contrastando em termos do processo de usinagem, no fresamento foi verificado comportamento oposto do parâmetro de rugosidade em função do parâmetro de corte: Mersni *et al.* [23] verificaram que no fresamento da liga Ti-6Al-4V, baixos valores conduziram a baixos valores de rugosidade, sendo a velocidade de corte o

segundo parâmetro de corte mais influente sobre a rugosidade média quando comparado com penetração de trabalho e avanço por dente, enquanto Krishnaraj *et al.* [24] avaliando os mesmos parâmetros de corte na usinagem da mesma liga verificaram que a velocidade de corte consiste no parâmetro de maior influência sobre a rugosidade média em função da velocidade de corte

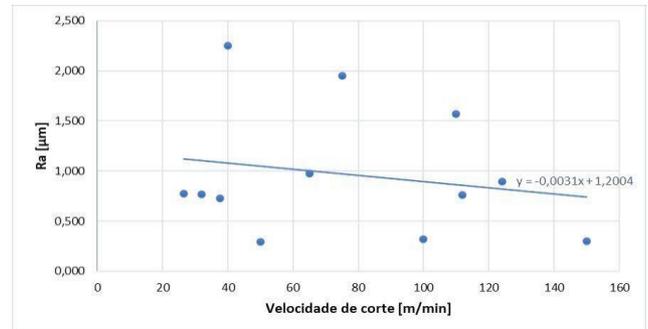
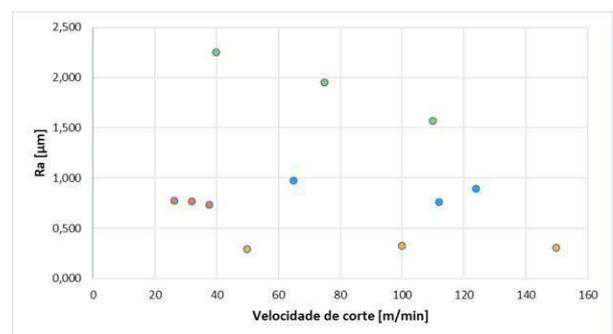


Figura 1. Comportamento da rugosidade média em função da velocidade de corte

A Figura 2 visa analisar os distintos trabalhos individualmente, de forma que é possível verificar que todas as referências reportaram o mesmo resultado em termos do comportamento da rugosidade média em função da velocidade de corte, isto é, independentemente dos níveis de rugosidade obtidos, a rugosidade média encontrada foi reduzida com o aumento da velocidade de corte.

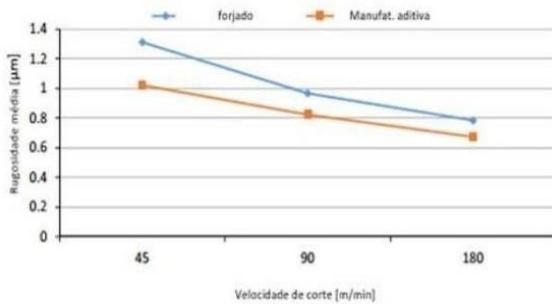
Figura 2. Comportamento da rugosidade média em função da velocidade de corte contrastando os distintos trabalhos analisados. Em amarelo: [16]. Em laranja: [17]. Em verde: [18]. Em azul: [19].



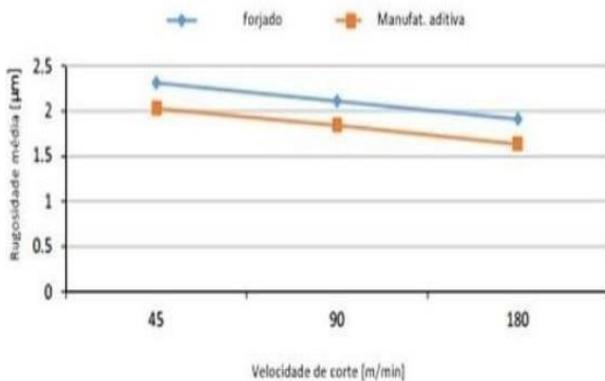
Fonte: Autores

Polishetty *et al.* [25] avaliaram a rugosidade média obtida no torneamento de amostras fabricadas via manufatura aditiva e forjadas na liga Ti-6Al-4V, variando-se velocidade de corte e avanço. A Figura 3 apresenta os resultados obtidos, demonstrando convergência com o comportamento observado na presente revisão, ou seja, diminuição da rugosidade

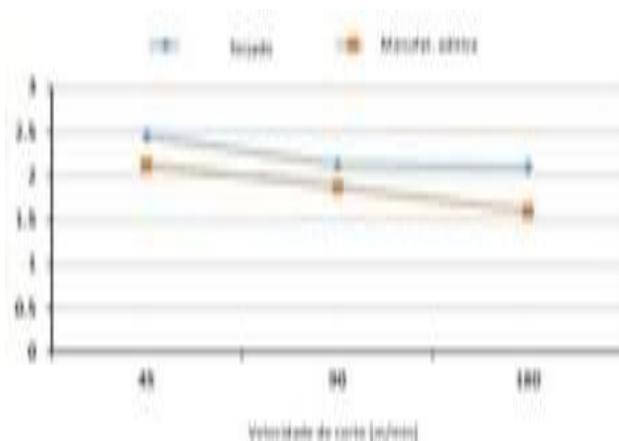
média com o aumento da velocidade de corte, independentemente dos valores de avanço utilizados.



(A)



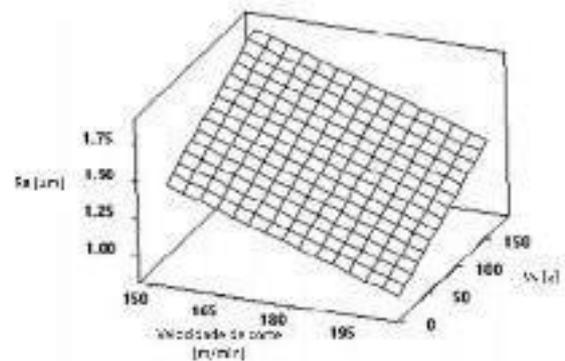
(B)



Fonte: POLISHETTY.A. [25].

Por fim, D'Melo e Pai [26] avaliaram a integridade superficial obtida no torneamento sob alta velocidade da liga Ti-6Al-4V com insertos de metal duro sem revestimento variando-se velocidade de corte na faixa de 150m/min a 200m/min e avanço na faixa compreendida entre 0,15mm e 0,25mm. A análise de variância (ANOVA) demonstrou que as variáveis de entrada em conjunto com a vibração da ferramenta influenciam significativamente a rugosidade média. Os resultados apresentados na Figura 4 corroboram o exposto na presente revisão acerca do comportamento da rugosidade média em função da velocidade de corte, isto é, aumentando-se velocidade de corte, obtém-se diminuição da rugosidade média. Entretanto, destaca-se que o terceiro eixo do gráfico representa a vibração da ferramenta de corte, de forma que é possível verificar aumento das vibrações em decorrência do aumento da velocidade de corte.

Figura 4. Rugosidade média em função de velocidade de corte e vibrações da ferramenta de corte no torneamento da liga Ti-6Al-4V



Fonte: D'MELLO, G; PAI, S. P. [26].

4. CONCLUSÕES

À A presente revisão da literatura possibilitou concluir que a usinagem de ligas de titânio constitui um desafio para a indústria devido dificuldades encontradas pelas características metalúrgicas do material. Entretanto, em função de sua excelente biocompatibilidade, a necessidade de se promover conhecidas as condições de usinagem que possibilitam obtenção de estado de superfícies propícias para as aplicações de produtos finais à base de titânio mostra-se latente no cenário industrial. Os trabalhos selecionados neste estudo trazem avaliações da rugosidade média em conjunto com variações do parâmetro velocidade de corte, entretanto não necessariamente têm como objetivo associar ambas as variáveis. Foi possível verificar que dentro dos limites estabelecidos, no torneamento da liga Ti-6Al-4V o aumento da velocidade de corte caracterizado pelo aumento da rotação da peça resultou em

diminuição da rugosidade média. Tal resultado foi confirmado por diversos estudos envolvendo torneamento da liga Ti-6Al-4V, entretanto, explicita-se de maneira oposta ao observado em estudos da mesma correlação envolvendo, porém, o processo de fresamento.

5. REFERÊNCIAS

- [1] STRNAD, G., CHIRILA, N. PETROVAN, C., *et al.*, “Contact Angle Measurement on Medical implant Titanium Based Biomaterials”, In: 9th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, pp. 946-953, Romênia, Out. 2015.
- [2] RAHMAN, M., WANG, Z. G., WONG, Y. S., “A review on high-speed machining of titanium alloys”, *JSME International Journal*, v. 49, n.1, pp. 11-20, Mar. 2006.
- [3] YAFFE, M. A., SAUCEDO, J. M., KALAINOV, D. M., “Non-Locked and Locked Plating Technology for Hand Fractures”, *The Journal of Hand Surgery*, v. 36, n.12, pp. 2052-2055, Dez. 2011.
- [4] STRNAD, G., CHIRILA, N. PETROVAN, C., *et al.*, “Contact Angle Measurement on Medical implant Titanium Based Biomaterials”, In: 9th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, pp. 946-953, Romênia, Out. 2015.
- [5] RAHMAN, M., WANG, Z. G., WONG, Y. S., “A review on high-speed machining of titanium alloys”, *JSME International Journal*, v. 49, n.1, pp. 11-20, Mar. 2006.
- [6] YAFFE, M. A., SAUCEDO, J. M., KALAINOV, D. M., “Non-Locked and Locked Plating Technology for Hand Fractures”, *The Journal of Hand Surgery*, v. 36, n.12, pp. 2052-2055, Dez. 2011.
- [7] VEIGA, C., DAVIM, J. P., LOUREIRO, A. J. R. “Review on Machinability of Titanium Alloys: The Process Perspective”, *Reviews on Advanced Materials Science*, vol. 34, p. 148-164, 2013
- [8] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM F67 - 13. Standard Specification for Unalloyed Titanium, for Surgical Implant Applications. West Conshohocken, 2017.
- [9] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM F136 - 13. Standard Specification for Wrought Titanium-6Aluminum-4Vanadium ELI (Extra Low Interstitial) Alloy for Surgical Implant Applications. West Conshohocken, 2021.
- [10] RATNER, B. D., HOFFMAN, A. S., SCHOEN, F. J., LEMONS, J. E., *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*, 3 ed., San Diego, Academic Press, 2013.
- [11] REZENDE, M. C. R. A., CAPALBO, B. C., CURY, M. T. S., *et al.*, “Osseointegration of anodized implant: effect of compromised primary stability and fibrin adhesive/TEA”, *Dental Materials*, v. 30, n.S, pp. e-145, Mar. 2014.
- [12] COUTINHO, M. P., ELIAS, C. N., “Rugosidade e molhabilidade do titânio usado em implantes dentários com superfícies tratadas”, *Revista brasileira de odontologia*, v. 66, n.2, pp. 234-238, Dez. 2009.
- [13] SUN, J., GUO, Y. B., “A comprehensive experimental study on surface integrity by end milling Ti-6Al-4V”, *Journal of Materials Processing Technology*, v. 209, n.8, pp. 4036-4042, Abr. 2009.
- [14] REVANKAR, G. D., SHETTY, R., RAO, S. S., GAITONDE, V. N. “Analysis of Surface Roughness and Hardness in Titanium Alloy Machining with Polycrystalline Diamond Tool under Different Lubricating Modes”, *Materials Research*, vol. 17(4), p. 1010-1022, 2014.
- [15] MAJUMDAR, P., SINGH, S. B., DHARA, S., CHAKRABORTY, M.; “Influence of in situ TiB reinforcements and role of heat treatment on mechanical properties and biocompatibility of β Ti-alloys”, *Journal of The Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v.10, pp. 1-12, Fev. 2012.
- [16] NIU, W, *et al.*, “The effect of cutting speed and heat treatment on the fatigue life of Grade 5 and Grade 23 Ti-6Al-4V alloys”, *Materials and Design*, v46, pp. 640-644, 2013.
- [17] KARKALOS, N. E., GALANIS, N. I., MARKOPOULOS, A. P., “Surface roughness prediction for the milling of Ti-6Al-4V ELI alloy with the use of statistical and soft computing techniques”, *Measurement*, v90, pp.25-35, 2016.
- [18] le ROUX, P. A., LAUBSCHER, R. F., SCHUBERT, A., “Machining for an increased fatigue life for a Ti-6Al-4V ELI component”, *Procedia 5th CIRP CSI*, v87, pp. 462-468, 2020.
- [19] PRADHAN, *et al.*, “Investigation of machining characteristics of hard-to-machine Ti-6Al-4V-ELI alloy for biomedical applications”, *Journal of Materials Research and Technology*, v8, pp. 4849-4862, 2019.

- [20] LEYENS, C., PETERS, M., Titanium and Titanium Alloys. Fundamentals and Applications. Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2003.
- [21] MACHADO, A. R., COELHO, R. T., ABRÃO, A. M., et al., Teoria da usinagem dos materiais, 3 ed., São Paulo, Edgard Blücher Ltda., 2015.
- [22] MISHRA, R. R., et al., “Machinability behaviour of biocompatible Ti-6Al-4V ELI titanium alloy under flood cooling environment”, Materials Today: Proceedings, n.23, pp. 536-540, Jul. 2020.
- [23] MERSNI, W.; BOUJELBENE, M.; BEN SALEM, S.; ALGHAMDI, A-S., “Optimization of the surface roughness in ball end milling of titanium alloy Ti-6Al-4V using the Taguchi Method”, Procedia Manufacturing, n.20, pp. 271-276, Fev. 2018.
- [24] KRISHNARAJ, V.; SAMSUDEENSADHAM, S.; SINDHUMATHI, R.; KUPPAN, P., “A study on high-speed end milling of titanium alloy”, Procedia Engineering, n.97, pp. 251-257, Dez. 2014.
- [25] POLISHETTY, A., “Cutting Force and Surface Finishing Analysis of Machining Additive Manufactured Titanium Alloy Ti-6Al-4V”, Procedia Manufacturing, n.7, pp. 284-289, Jan. 2017.
- [26] D’MELLO, G; PAI, S. P., “Surface Roughness Modeling In High Speed Turning Of Ti-6Al-4V Using Response Surface Methodology”, Materials Today: Proceedings, n.5, pp. 11686-11696, Jan. 2018.



editoraomnisscientia@gmail.com 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 (87) 9656-3565 



editoraomnisscientia@gmail.com 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 (87) 9656-3565 