



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](http://editoraomnisscientia.com.br)

[contato@editoraomnisscientia.com.br](mailto: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 DE TEXTURAS INDUZIDAS POR VIBRAÇÃO NO TORNEAMENTO DURO DE UM AÇO FERRAMENTA

Talia Cristina da Silva Gibim

Felipe Bertolotti Savella

Sidney Bruce Shiki

Armando Ítalo Sette Antonialli

UFSCar, São Carlos, Brasil

taliagibim@estudante.ufscar.br, felipesavella@estudante.ufscar.br, bruce@ufscar.br, antonialli@ufscar.br

**Resumo:** A criação de superfícies com texturas pré-projetadas é uma meta recente na indústria. Há uma demanda em incorporar superfícies que tragam múltiplas possibilidades de otimização do desempenho do componente, como longa vida em fadiga, alta resistência ao desgaste, baixa fricção e melhor refrigeração. Vários processos são hoje empregados para obtenção de superfícies texturizadas, como retificação, fresamento e mesmo a usinagem assistida por vibração. De qualquer forma, quaisquer processos de usinagem já estão intrinsecamente propensos a vibrações, especialmente quando ocorre o fenômeno de realimentação da vibração pelo próprio sistema, o chamado chatter. Essa vibração autoexcitada costuma ser encarada como prejudicial para a vida da ferramenta e a qualidade da superfície usinada; porém, assim como na usinagem assistida por vibração, pode-se supor que ela pode ser usada de forma benéfica para criação de superfícies texturizadas, eliminando assim a necessidade de uma fonte externa de vibração. O presente trabalho tem como objetivo estudar e caracterizar a superfície incomum obtida no processo de torneamento duro sem fluido de corte em um trabalho anterior realizado no grupo de pesquisa em que se insere, para, enfim, reproduzi-la em condições distintas. Empregar o torneamento duro para fabricação de superfícies texturizadas é uma possibilidade ainda pouco explorada que pode trazer grandes avanços na integridade superficial dos componentes.

**Palavras-chaves:** Usinagem, Texturização, chatter.

### 1. INTRODUÇÃO

Retificação e torneamento duro são processos de acabamento muito utilizados em peças com dureza maior que 45 HRC. Cada um desses processos cria diferentes texturas superficiais, as quais influenciam diretamente a performance do componente. Grzesik et al. (2014) realizaram um estudo para caracterizar duas topografias de superfícies por meio de parâmetros tridimensionais. Nele duas superfícies produzidas por retificação e torneamento duro são estudadas, as quais, possuem Sa (Rugosidades medias) próximos. O estudo conclui que mesmo as duas superfícies tendo valores de rugosidade 2D similares suas topografias apresentam diferenças, o que sugere que as propriedades funcionais dessas superfícies também serão diferentes.

Jouinia, Revelc e Thoquened (2020) realizaram um estudo comparativo no torneamento de anéis de rolamento. Os componentes são acabados por dois métodos diferentes a fim de comparação: torneamento duro e retificação. O trabalho conclui, a partir dos testes, que os anéis fabricados pelo torneamento duro tiveram a vida em fadiga quatro vezes maior do que aqueles usinados por retificação. Como pode-se notar a topografia 3D tem impacto no desempenho do componente, assim sendo, torna-se importante o controle de cada processo para obtenção de texturas superfícies específicas para cada finalidade.

A texturização de superfícies é obtida normalmente pela retificação, nesse processo é buscado fabricar superfícies específicas, com o intuito de melhorar certos parâmetros, como: Coeficiente de atrito, resistência ao desgaste, vida em fadiga, entre outros. Outros processos

como o fresamento e o VAM (Vibration-assisted Machining) podem ser empregados para a fabricação de texturas. O VAM consiste em realizar o processo de fresamento utilizando uma pequena fresa esférica, o movimento de rotação e avanço da ferramenta se dá juntamente com uma vibração controlada da base, a qual é excitada com uma baixa amplitude e alta frequência (HASSAN et al. 2017).

Na usinagem convencional, a ferramenta de corte vibra naturalmente durante o processo de corte, em alguns casos, pode ocorrer uma vibração autoexcitada, denominada chatter. Ahmed et al. (2015) propõem um novo método para fabricação de superfícies texturizadas na usinagem de precisão utilizando a vibração autoexcitada, nessa abordagem o chatter é utilizado como fonte de vibração. Os autores concluem que é possível utilizar a vibração autoexcitada para criação de superfícies texturizadas, e que, para utilização desse método é fundamental a escolha adequada das condições de usinagem.

É razoável pensar na possibilidade de fabricar uma superfície texturizada por meio do torneamento duro. Na dissertação de Savella (2021), foi obtida, no torneamento duro, uma superfície diferente das apresentadas na literatura para esse tipo de processo. Na Figura 1, obtida com rotação de 250 rpm e avanço de 0,05 mm, pode-se ver que a superfície não apresenta o padrão característico, no qual, é possível ver as marcas da aresta cortante e a sua relação com o avanço, como mostrado anteriormente (JOUINIA; REVELC; THOQUENED, 2020).



Figure 1: Superfície torneada, Savella (2021).

Savella (2021) conduziu uma investigação da influência de alguns parâmetros de corte sobre a vibração da ferramenta e, conseqüentemente, sobre a integridade superficial da peça empregando o processo detorneamento duro. A superfície obtida por ele apresenta uma topografia incomum da observada na literatura. Seu perfil sugere que talvez seja possível produzir uma superfície texturizada a partir do processo de torneamento duro; para isso, um estudo das vibrações e seu impacto na integridade superficial ganha maior relevância. Entender melhor as variáveis e o fenômeno podem tornar possível o desenvolvimento de estratégias para controlar as características da superfície.

O objetivo geral deste trabalho é estabelecer uma correlação entre a vibração da ferramenta e a possível texturização da superfície usinada durante uma operação de torneamento cilíndrico externo em aço endurecido.

## 2. RESULTADOS PRELIMINARES

Os sinais aquisitados pelos acelerômetros foram analisados no domínio da frequência através da PSD (Power Spectral Density), os resultados encontrados para as quatro condições de corte empregadas são mostrados na Figura 2.

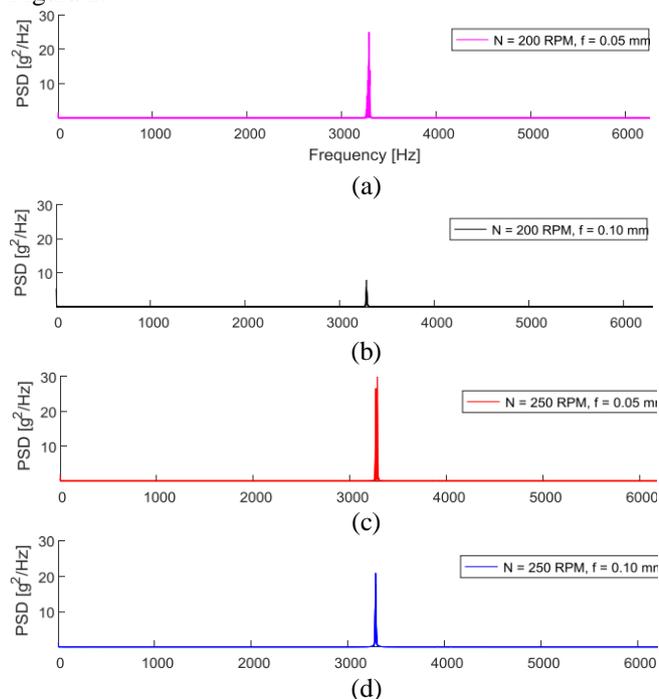


Figure 2: Densidade Espectral de Potência (PSDs) dos testes de Savella (escala linear), Savella (2021).

Nota-se que em todos os processos a frequência dominante está na faixa de 3100 a 3300 Hz e na Figura 2 (b) foi observada uma amplitude pelo menos 2 vezes menor, em comparação com as outras condições de usinagem.

Um bump test, ensaio utilizado para encontrar as frequências naturais de um objeto, foi realizado na ferramenta de corte utilizada na usinagem em questão, o valor encontrado foi de 3530 Hz para frequência

Diferenças entre os dois valores de frequências encontrados advém da influência da fixação da ferramenta, a qual é difícil reproduzir com exatidão.

## 3. CONCLUSÃO

Os sinais no domínio da frequência indicam que houve chatter em três das quatro condições usinadas. E, portanto, a característica incomum das superfícies obtida está associada a isso.

## 4. AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pela bolsa de iniciação científica oferecida (Processo 2021/08599-5) e pelos equipamentos utilizados no trabalho (Processo 2015/15622-2).

## 5. REFERÊNCIAS

- AHMED, Syed. Microtexture Generation Using Controlled Chatter Machining in Ultraprecision Diamond Turning, *Journal of Micro- and Nano-Manufacturing*, 2015.
- GRZESIK, Wit et. al.. Comparison of surface textures generated in hard turning and grinding operations, 2nd CIRP Conference on Surface Integrity (CSI), *Procedia CIRP* 13, pp. 84-89, 2014.
- HASSAN, Sharudin. A Review of the Milling Process to Fabricate a Dimple Structure, *Journal of Mechanical Engineering*, Vol SI 1, pp. 175-192, 2017
- JOINIA, Nabil; REVELC, Philippe; THOQUENNE, Guillaume. Influence of surface integrity on fatigue life of bearing rings finished by precision hard turning and grinding, *Journal of Manufacturing Processes* 57, pp. 444-451, 2020.
- SAVELLA, Felipe. Influência das condições dinâmicas de usinagem no torneamento sobre a integridade superficial de um aço endurecido. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021



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 