



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

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

Paulo de Tarso Durigan

Sidney Bruce Shiki

Gustavo Franco Barbosa

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, SP, Brasil

paulo.durigan@estudante.ufscar.br

bruce@ufscar.br

gustavofb@ufscar.br

Resumo: Os avanços tecnológicos da Indústria 4.0 possibilitaram o aperfeiçoamento dos processos de fabricação através do acompanhamento de informações em tempo real. No entanto, muitas empresas ainda dependem de equipamentos antigos que não possuem nenhuma forma de comunicação ou transmissão de dados. Diante deste contexto, o presente trabalho propõe uma investigação sobre o impacto da digitalização de máquinas-ferramenta antigas na produtividade e o potencial de melhoria da qualidade de superfícies gerada através de instrumentação de baixo custo. Um torno mecânico universal NARDINI, modelo ND 220 AE, foi utilizado no monitoramento dos parâmetros de rotação, velocidade de avanço, profundidade de corte, vibração e rugosidade. Para a aquisição dos dados foram utilizados um acelerômetro (ADXL335), um sensor de efeito Hall (3144E) e um sensor de distância (VL53L0X). Os sensores foram conectados em placa de prototipagem ESP32, à qual foi responsável pela comunicação com uma plataforma IOT. Os resultados preliminares indicaram boa precisão nas medidas obtidas pelos sensores e comunicação eficiente entre a placa e a plataforma de gerenciamento em nuvem. Com o sistema de monitoramento implantado, espera-se maior capacidade de controle do processo e otimização da qualidade superficial em peças usinadas.

Palavras-chaves: monitoramento, máquinas-ferramenta, torno universal, qualidade superficial, baixo custo.

1. INTRODUÇÃO

As ferramentas da era digital não estão presentes apenas na área de tecnologia da informação (TI), mas também fazem parte da realidade de indústrias dos mais diversos segmentos, como no caso da manufatura (LASI et al., 2014). Em contraste às novas tecnologias, existe uma crescente discussão sobre a atual realidade de muitas pequenas e médias empresas atuantes no mercado, mas que mantém entre os seus principais ativos, máquinas-ferramenta antigas que não oferecem nenhuma comunicação com o mundo digital (LOCKWOOD et al., 2018). Existem diversos fatores que contribuem com a contínua utilização destes equipamentos antigos, principalmente a falta de recursos financeiros para atualização dos ativos e a falta de visão estratégica empresarial. Para Liu e Xu (2017), é fundamental a discussão sobre máquinas obsoletas e a busca por novas tecnologias que auxiliem a indústria de manufatura. Os autores ainda argumentam que as novas tecnologias da Indústria 4.0 podem contribuir para que equipamentos antigos sejam compatíveis com o universo da manufatura digital, facilitando o gerenciamento de processos.

O conceito de manufatura inteligente engloba diversos métodos e ferramentas que estão vinculados ao contexto da Indústria 4.0 pois, permitem o monitoramento

em tempo real de informações sobre diferentes processos de manufatura (LAIRD, 2017). Nesse sentido, pode-se afirmar que o investimento em inovação no setor de manufatura contribui diretamente para o aumento da qualidade e flexibilidade dos processos, diminuindo os custos operacionais (BARBOSA, SHIKI e SAVAZZI, 2019).

O presente trabalho propõe um estudo sobre a otimização de máquinas-ferramenta obsoletas usando conceitos de diversas áreas do conhecimento. O potencial de hardwares de baixo custo no monitoramento de operações de usinagem é o principal objeto de estudo. A hipótese inicial deste projeto relaciona a melhoria do nível de supervisão a uma série de benefícios como a diminuição do tempo de usinagem, maior assertividade do acabamento superficial e padronização da operação. Em síntese, espera-se que o projeto em desenvolvimento contribua com as pesquisas já realizadas na área e que permita uma análise sólida sobre as limitações e potencialidades da solução proposta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo de caso, sensores e hardware de baixo custo serão conectados a um torno mecânico universal para o monitoramento contínuo do processo. O

equipamento é da marca NARDINI, modelo ND 220 AE, potência de 6 CV, faixa de rotação entre 25 e 2000 RPM e está instalado na escola “SENAI Oscar Lúcio Baldan” na cidade de Monte Alto. Neste estudo, o valor eficaz da vibração (RMS, do inglês *Root Mean Square*) e a frequência serão obtidos através de um acelerômetro ADXL335 posicionado no porta-ferramenta do equipamento, como mostra a Figura 1. Um sensor de efeito Hall 3144E e um ímã de Neodímio (Figura 2) serão usados para o acompanhamento da rotação da máquina.

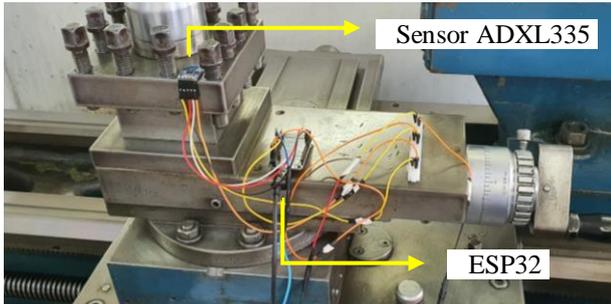


Figura 1: Testes com o sensor ADXL335.

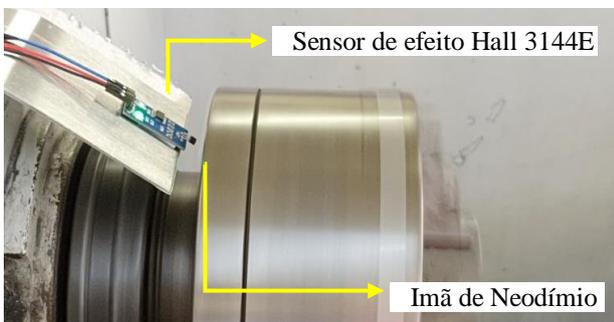


Figura 2: Medição da rotação com o sensor 3144E.

A velocidade de avanço será monitorada através do sensor de distância VL53L0X. Para a comunicação, os diferentes módulos serão conectados à uma placa de prototipagem rápida ESP32, a qual terá a função de coletar os dados e enviar para análise remota. Para o acompanhamento em tempo real dos parâmetros será utilizada a plataforma *Arduino IOT cloud*, a qual disponibiliza *dashboards* customizáveis e comunicação sem fio com a placa. Os dados dos sensores instalados na máquina serão armazenados e organizados, formando assim um histórico de desempenho do sistema. A comparação entre os parâmetros de saída do processo (rugosidade e vibração) e os parâmetros de usinagem (velocidade de corte, avanço e profundidade de corte) será realizada com o intuito de estabelecer uma correlação entre os diversos fatores, permitindo a otimização do processo de torneamento.

3. RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados iniciais para a medição da rotação utilizando o sensor de efeito Hall, foram comparados com os dados fornecidos por um tacômetro. A Figura 3 mostra

a comparação entre os resultados obtidos e o valor nominal do equipamento para três configurações diferentes.

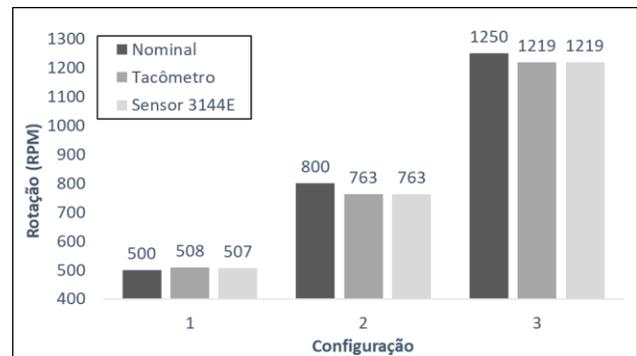


Figura 3: Resultados obtidos para a rotação.

Os resultados sugerem que não existe uma diferença significativa entre as duas técnicas aplicadas, porém, nota-se uma variação de até 4,6 % entre os resultados e o valor nominal da máquina.

4. CONCLUSÃO

Os resultados iniciais obtidos através dos testes mostram que é possível monitorar máquinas-ferramenta universais utilizando instrumentação de baixo custo. Desvios significativos entre as configurações e os parâmetros reais podem ser estimados e minimizados resultando em uma operação mais eficiente, fato que converge com as prerrogativas da Indústria 4.0. Em síntese, espera-se que o presente trabalho contribua com o desenvolvimento de novas soluções nas áreas de engenharia de superfícies e manufatura inteligente.

5. REFERÊNCIAS

- BARBOSA, G. F.; SHIKI, S. B.; SAVAZZI, J. O. “Digitalization of a standard robot arm toward 4th industrial revolution”. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 105, n. 5, p. 2707-2720, 2019.
- LAIRD, K. “Understanding the Digital Transformation Called Industry 4.0: Manufacturing today requires more brain than brawn”. *Plastics Engineering*, v. 73, n. 1, p. 24-28, 2017.
- LASI, H. et al. “Industry 4.0”. *Business & Information Systems Engineering*, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.
- LIU, C.; XU, X. “Cyber-physical machine tool – the era of machine tool 4.0”. *Procedia Cirp*, v. 63, p. 70-75, 2017.
- LOCKWOOD, A. J. et al. “Digitalisation of legacy machine tools”. Tech. rep., *Advanced Manufacturing Research Centre (AMRC)*. University of Sheffield, 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 