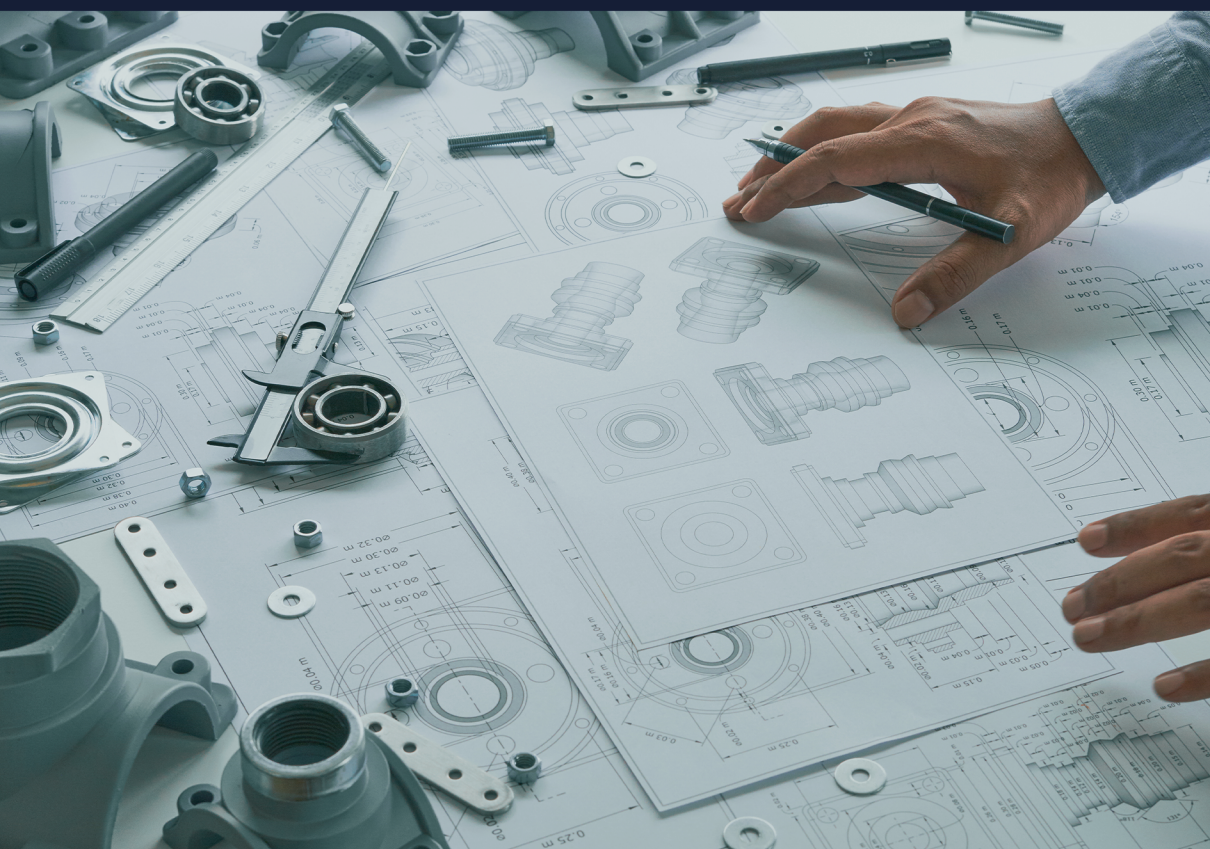


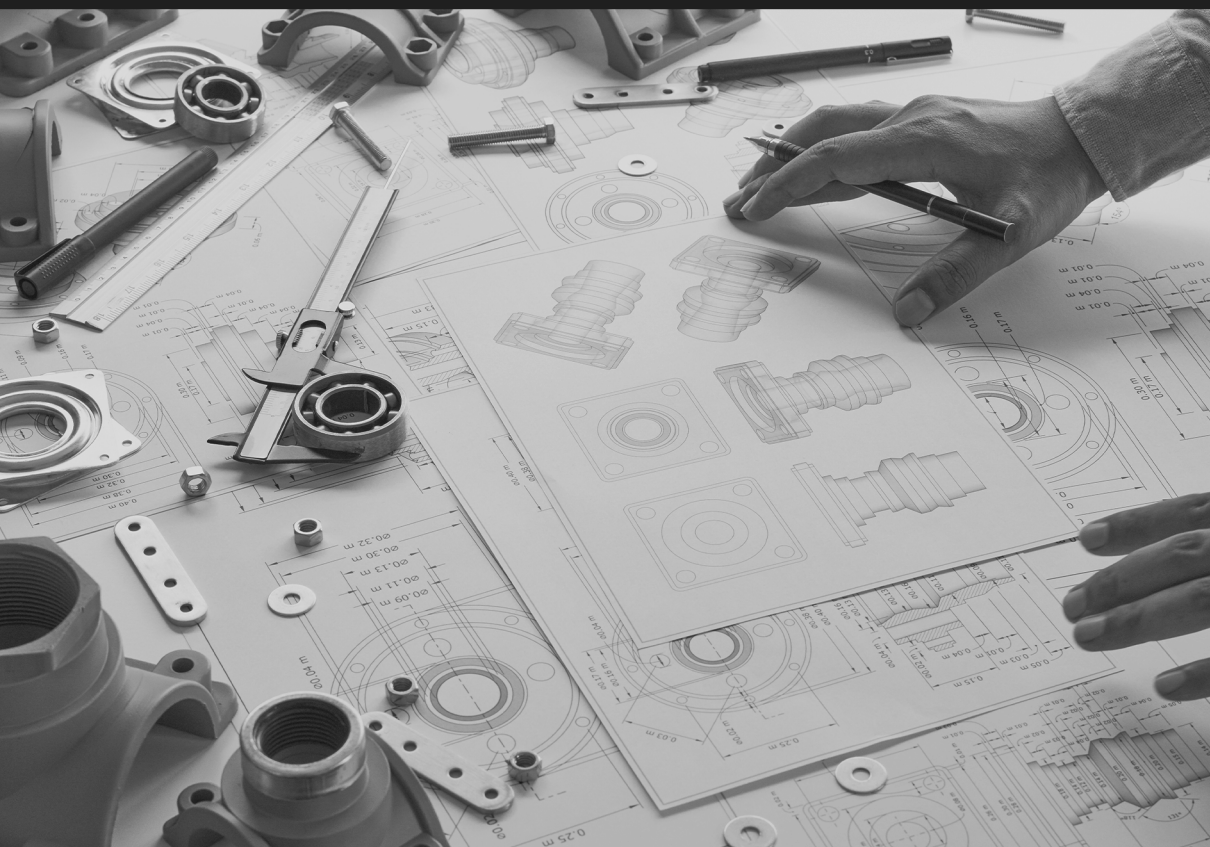
ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena
Editora
Ano 2020

ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA



**HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)**

Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^a Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Atividades científicas e tecnológicas no campo da engenharia mecânica

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A872 Atividades científicas e tecnológicas no campo da engenharia mecânica / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-486-3

DOI 10.22533/at.ed.863202610

1. Engenharia mecânica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 621

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Em um cenário cada vez mais competitivo, desenvolver novas maneiras de melhoria nos processos industriais, bem como para o próprio dia a dia da população é uma das buscas constantes das áreas de engenharia.

Desta forma buscar evitar ou prever falhas em sistemas é de vital importância, destacando-se o desenvolvimento de novos materiais, bem como de métodos analíticos e práticos para detecção. Entre os materiais os compósitos veem ganhado cada vez mais espaço devido a sua versatilidade, aliando resistência e peso.

Já para detecção de falhas os métodos de análise de vibrações é quase que unanimidade quando se quer um pleno funcionamento dos equipamentos. O estudo das análises de vibrações em sistemas vem ganhando cada vez mais espaço nos projetos, pois a redução dessas na maioria dos casos acarreta em uma maior vida útil ou um melhor funcionamento dos conjuntos.

Neste livro são apresentados trabalhos relacionados a engenharia mecânica, dentro de uma vertente teórico/prática onde busca-se retratar assuntos atuais e de grande importância para estudante, docentes e profissionais.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ABORDAGEM DE DETECÇÃO DE AVARIAS EM SISTEMA DINÂMICO UTILIZANDO TÉCNICA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

João Marcelo Abreu Bernardi

Edson Hideki Koroishi

DOI 10.22533/at.ed.8632026101

CAPÍTULO 2..... 12

UTILIZAÇÃO DE ATUADORES ELETROMAGNÉTICOS PARA O CONTROLE DE VIBRAÇÃO EM UMA VIGA DE MATERIAL COMPÓSITO

Andrei Santos Oliveira

Camila Albertin Xavier da Silva

Edson Hideki Koroishi

Romeu Rony Cavalcante da Costa

Marco Túlio Santana Alves

DOI 10.22533/at.ed.8632026102

CAPÍTULO 3..... 21

CONTROLE ATIVO DE VIBRAÇÕES APLICADO A UMA VIGA FLEXÍVEL UTILIZANDO ATUADORES ELETROMAGNÉTICOS

Matheus Rincon Modesto Maroni

Edson Hideki Koroishi

DOI 10.22533/at.ed.8632026103

CAPÍTULO 4..... 31

SUPRESSÃO DO FENÔMENO DE FLUTTER EM PAINÉIS COMPÓSITOS AERONÁUTICOS VIA TÉCNICA DE CONTROLE PASSIVO

Lorrane Pereira Ribeiro

Antônio Marcos Gonçalves de Lima

DOI 10.22533/at.ed.8632026104

CAPÍTULO 5..... 42

FABRICAÇÃO DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO BASEADO EM UM GUINDASTE

Ana Carolina Dantas Rocha

Eduardo Victor Lima Barboza

José Leonardo Nery de Souza

Otávio Clarindo Lopes Filho

Adriano Marinheiro Pompeu

Dheiver Francisco Santos

DOI 10.22533/at.ed.8632026105

CAPÍTULO 6..... 56

GANHO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO POR ENRIJECEDOR EM CHAPA DOBRADA A FRIO

João Paulo Marques de Aquino

João de Jesus dos Santos

Lais Amaral Alves

DOI 10.22533/at.ed.8632026106

CAPÍTULO 7..... 70

PADRONIZAÇÃO DE MATERIAIS COMO MEIO DE ECONOMIA EM SUPRIMENTO DE BENS: UM ESTUDO DE CASO

Patrícia Aparecida Casteluber Nascimento

Gabrielle Silva Ribeiro

Beatriz Marvila Borges

Letícia dos Santos Sciortino

DOI 10.22533/at.ed.8632026107

CAPÍTULO 8..... 77

A GENERALIZED INTEGRAL TRANSFORMED TECHNIQUE: LITERATURE REVIEW AND COMPARATIVE RESULTS WITH FINITE VOLUME METHOD

Hildson Rodrigues de Queiroz

Flavio Maldonado Bentes

Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

Fabiano Battemarco da Silva Martins

DOI 10.22533/at.ed.8632026108

CAPÍTULO 9..... 101

UTILIZAÇÃO DE WC NA MOAGEM DE ALTA ENERGIA DE CAVACOS DE AÇO ALTO CROMO

Roberta Alves Gomes Matos

Bruna Horta Bastos Kuffner

Gilbert Silva

DOI 10.22533/at.ed.8632026109

SOBRE OS ORGANIZADORES 108

ÍNDICE REMISSIVO..... 109

UTILIZAÇÃO DE WC NA MOAGEM DE ALTA ENERGIA DE CAVACOS DE AÇO ALTO CROMO

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 06/07/2020

Roberta Alves Gomes Matos

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI
Itajubá – MG
<http://lattes.cnpq.br/5343820532259748>

Bruna Horta Bastos Kuffner

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI
Itajubá – MG
<http://lattes.cnpq.br/1598312330444780>

Gilbert Silva

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI
Itajubá – MG
<http://lattes.cnpq.br/1912171391296662>

RESUMO: Os carbetos são comumente utilizados na moagem de alta energia com o objetivo de reduzir o tamanho das partículas num menor tempo de moagem. Neste trabalho estudou-se a viabilidade da utilização de carbeto de tungstênio (WC) na moagem de alta energia dos cavacos de uma liga da série X22. Os tempos de moagem utilizados foram 10, 20, 30, 40 e 50 horas. Nas primeiras horas de moagem, o metal se deforma adquirindo formato de placas. À medida que a moagem prossegue, ocorre a soldagem a frio das partículas, aumentando o diâmetro médio. Ao final da moagem, tem-se uma variabilidade no tamanho das partículas de 11 a 44 microns.

PALAVRAS-CHAVE: Aço da Série X22, Moagem de Alta Energia, Carbeto de Tungstênio.

USE OF WC IN THE HIGH ENERGY BALL MILLING OF HIGH CHROMIUM STEEL SCRAPS

ABSTRACT: Carbides are commonly used in high energy ball milling in order to reduce the particle size in a shorter milling time. In this work, it was studied the feasibility of the use of tungsten carbide (WC) in the high energy ball milling of scraps of an X22 series alloy. The milling times used were 10, 20, 30, 40 and 50 hours. In the first hours of milling, the metal deforms to a plate shape. As the milling proceeds, the particles are cold welded, increasing their average diameter. At the end of the milling, there is a variability in particle size from 11 to 44 microns.

KEYWORDS: X22 Series Steel, High Energy Ball Milling, Tungsten Carbide.

1 | INTRODUÇÃO

A moagem mecânica é uma técnica simples de ajuste das propriedades do pó: a moagem de alta energia resulta na diminuição do tamanho das partículas e na deformação severa da estrutura do cristal. Diminuir o tamanho das partículas aumenta a concentração de átomos e íons localizados na superfície das partículas (TALIMIAN, *et al*, 2019).

A moagem de alta energia (MAE) é uma técnica de processamento do pó envolvendo processos repetidos de soldagem, fratura, e resoldagem de partículas de pó em um moinho de bolas de alta energia (SURYANARAYANA, 2001). O elevado tempo de moagem dos

pós resulta na formação de soluções sólidas supersaturadas, compostos intermetálicos ou compostos como carbetos, boretos, nitretos e silicatos. O tipo de produto formado durante a moagem depende da composição dos pós e das condições de moagem (TRAPP EKIEBACK, 2013). É uma técnica promissora, pois oferece a oportunidade não só para o refinamento microestrutural mas também para a obtenção de materiais de alta homogeneidade estrutural (WEN-BIN, *et al*, 2011).

Para Benjamin e Volin 1974, o processo de moagem de alta energia pode ser dividido em cinco fases: o período inicial; o período de predominância de soldagem; o período de formação de partículas equiaxiais; o início de soldagem com orientação aleatória; e processamento de estado estacionário.

Com o objetivo de diminuir o tamanho de partículas aumentando a eficiência de moagem, são adicionados carbetos a moagem de alta energia. O WC encontra potenciais aplicações, devido às suas propriedades específicas, tais como alto ponto de fusão (2275 °C), densidade (19,25 g/cm³), dureza superior, baixo coeficiente de atrito, alta resistência à oxidação e boa condutividade elétrica (GERMAN, 2005; SHANMUGAM, *et al*, 2005). É usado principalmente para ferramentas de corte e peças resistentes ao desgaste (JIN, *et al*, 2007).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de moagem de alta energia dos cavacos do aço X22CrMoV 12-1 foi realizado utilizando 30 gramas de cavaco de metal e adição de 3% em massa de WC manufaturado industrialmente e com tamanho médio de partículas 2-4 μm e realizado em moinho planetário de alta energia da marca Noah-Nuoya, modelo NQM 0,25 L. A velocidade de moagem foi 350 rpm, e a razão massa/esfera 1:10. A moagem foi realizada no tempo de 10, 40 e 50 horas.

A medição do tamanho médio das partículas foi realizada pelo equipamento Microtrac, S3500 e as imagens dos pós foram obtidas por microscópio eletrônico de varredura (Carl Zeiss® EVO MA 15).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 corresponde as partículas de X22 após 10 horas de moagem. Observa-se que as partículas adquiriram morfologia de placas, o que também foi observado na pesquisa de Raimundo *et al* (2020). O diâmetro médio das partículas neste tempo ficou em torno de 53 microns, como pode ser visto na Figura 6.

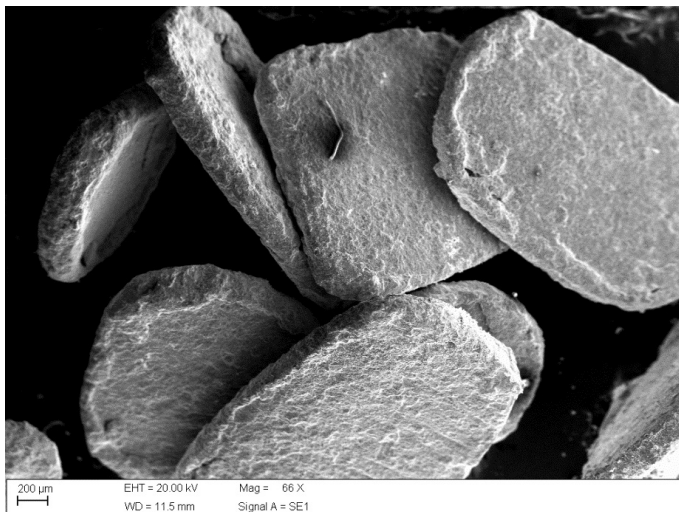


Fig. 1. Micrografia do aço X22 com adição de WC após 10 horas de moagem de alta energia

As Figuras 2 e 3 representam as partículas após 20 e 30 horas de moagem, respectivamente. De acordo com as imagens e a Figura 6, observa-se aglomerados de partículas. Este fato ocorre devido a intensidade das forças eletrostáticas e Van Der Waals (CHRISTIAN, et al, 2008; DAUTHAL e MUKHOPADHYAY, 2012) e levam a uma aglomeração mais forte. Em ambas situações ocorre aparecimento de partículas com diâmetro médio de 10 microns, porém com baixa fração em volume (aproximadamente 5% ao todo).

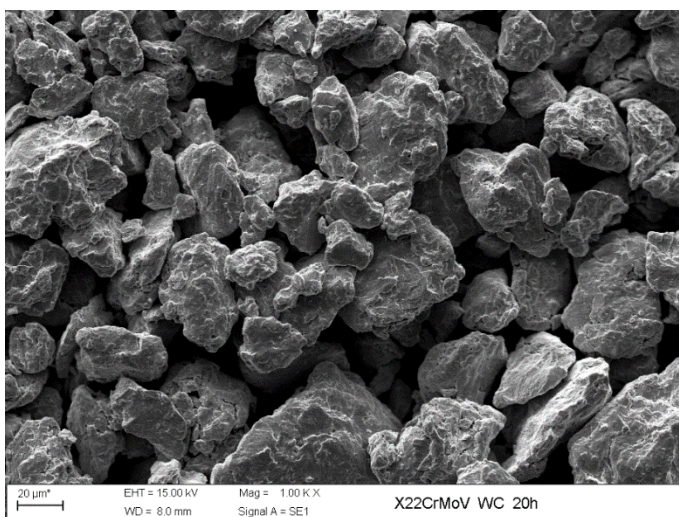


Fig. 2. Micrografia do aço X22 com adição de WC após 20 horas de moagem de alta energia

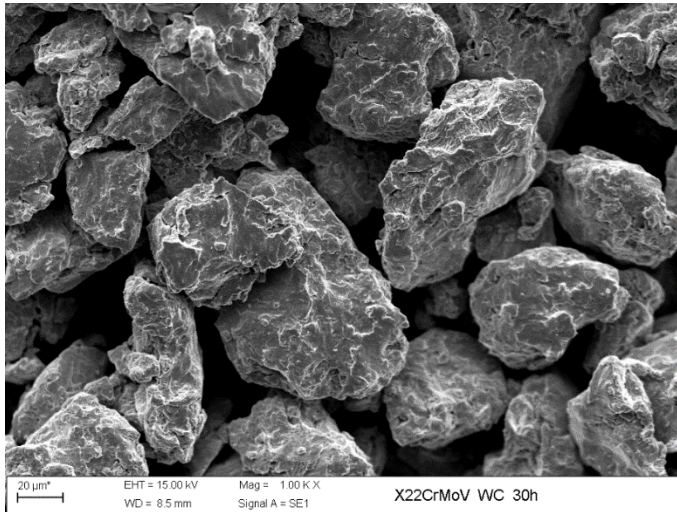


Fig. 3. Micrografia do aço X22 com adição de WC após 30 horas de moagem de alta energia

A Figura 4 mostra as partículas após 40 horas de moagem com diâmetro médio de aproximadamente 44 microns. A morfologia das partículas é irregular. A redução relativa ao tamanho encontrado após 10 horas de moagem foi de aproximadamente 18%. Para Rajaonarivony *et al* (2019), o fenômeno da aglomeração pode limitar a redução de tamanho e até criar partículas maiores através de um efeito de agrupamento.

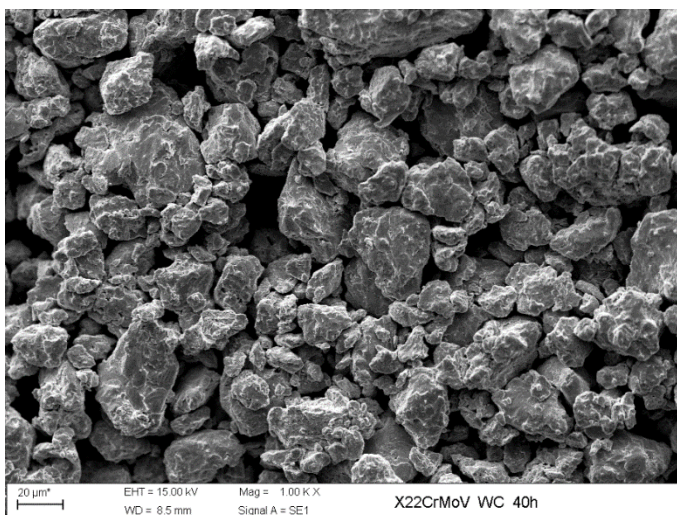


Fig. 4. Micrografia do aço X22 com adição de WC após 40 horas de moagem de alta energia

Após 50 horas de moagem as partículas permanecem com morfologia irregular, sendo que uma fração volumétrica de 87% possui diâmetro médio de partículas em torno de aproximadamente 44 microns (Figura 6).

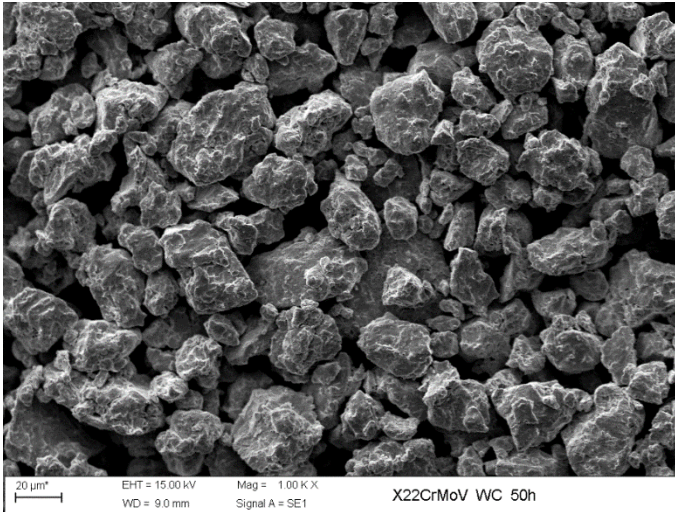


Fig. 5. Micrografia do aço X22 com adição de WC após 50 horas de moagem de alta energia

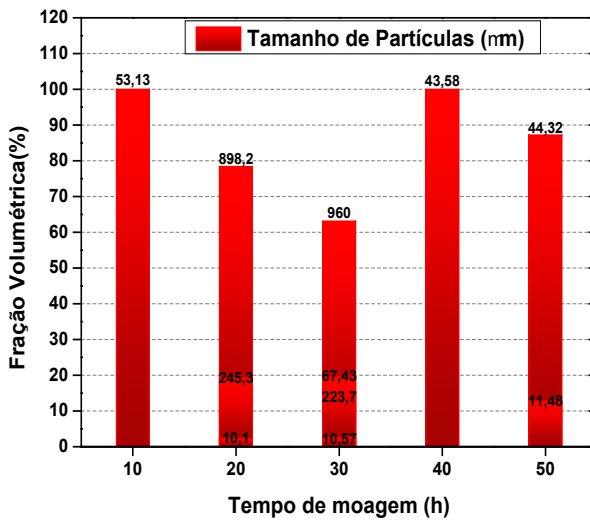


Fig. 6. Fração volumétrica versus tempo de moagem aço da série X22

4 | CONCLUSÕES

A moagem utilizando WC como objetivo de alcançar um menor tamanho de partículas em menor tempo, não mostrou-se viável. O fenômeno da aglomeração após as primeiras horas limitou a redução no tamanho criando partículas maiores, inviabilizando assim o processo, visto que a redução final ficou em torno de 16% do tamanho inicial, considerando a maior fração em volume.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo aporte financeiro, e UNIFEI pelo suporte técnico.

REFERÊNCIAS

BENJAMIN, J.S.; **Fundamentals of mechanical alloying**; Aluminum Company of America, Alcoa Laboratories, Alcoa Center, PA, USA; Materials Science Forum Vols. 88-90 (1992), p. 5.

CHRISTIAN, P.; VON DER KAMMER, F.; BAALOUSHA, M.; HOFMANN, T. **Nanoparticles: Structure, properties, preparation and behaviour in environmental media**. Ecotoxicology 2008, 17, 326–343.

DAUTHAL, P.; MUKHOPADHYAY, M. **In-vitro free radical scavenging activity of biosynthesized gold and silver nanoparticles using Prunus armeniaca (apricot) fruit extract**. J. Nanopart Res. 2012, 15, 1366.

GERMAN, R. M.; **A - Z OF POWDER METALLURGY**. 1. ed. Metal Powders Technology: Elsevier Science, 2005.

JIN G.; XU B.S.; WANG H.D.; LI Q. F., WEI S.C.; **Characterization of WC/Co coatings on metal substrates**. Mater Lett 2007; 61:2454–6.

RAIMUNDO, R. A.; COSTA, F. A.; MORALES, M. A.; SILVA, A. G. P.; GOMES, U. U.; **Effect of the high energy milling on the microstructure of Cu-20%WC composite powders prepared with recycled WC**; International Journal of Refractory Metals and Hard Materials; Volume 90, August 2020, 105223;

SHANMUGAM S, JACOB DS, GEDANKEN A. **Solid state synthesis of tungsten carbide nanorods and nanoplatelets by a single-step pyrolysis**. J Phys Chem B 2005; 109: 19056–9.

SURYANARAYANA, C.; **Mechanical alloying and milling**, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Colorado School of Mines, Golden, CO 80401-1887, USA, Progress in Materials Science 46 (2001) 1-184;

TALIMIAN, A.; POUCHLY, V.; MAGHRABY, H.; MACA, K.; GALUSEK, D.; **Impact of high energy ball milling on densification behaviour of magnesium aluminate spinel evaluated by master sintering curve and constant rate of heating approach**, Ceramics International, Volume 45, Issue 17, Part B, 1 December 2019, Pages 23467-23474;

TRAPP, J.; KIEBACK, B.; **Solid-state reactions during high-energy milling of mixed powders**, Fraunhofer Institute for Manufacturing and Advanced Materials, Department of Powder Metallurgy and Composite Materials, D-01277Dresden, Germany. *ActaMaterialia* 61 (2013) 310–320.

WEN-BIN, F.; XUE-WEN, L.; HONG-FEI, S.; YONG-FENG, D.; **Characterization of Ti-50%Al composite powder synthesized by high energy ball milling**, School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 21(2011) s-333-s337.

RAJAONARIVONY, K. *et al.*; **Fine Comminution of Pine Bark: How Does Mechanical Loading Influence Particles Properties and Milling Efficiency**; *Bioengineering* 2019, 6, 102; doi:10.3390/bioengineering6040102.

SOBRE OS ORGANIZADORES

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

JOÃO DALLAMUTA - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre em engenharia elétrica pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE. Trabalha com os temas: Gestão da Inovação, Inteligência de Mercado e Planejamento de Missões Espaciais.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerelasticidade 31
Atuador Eletromagnético 21, 22, 26
Automação Industrial 42, 45

B

Barras Comprimidas 56

C

Circuitos Shunt Multimodais 31
Controle Ativo de Vibrações 12, 15, 19, 21
Controle Passivo de Vibrações 31, 32

E

Enrijecedor Intermediário 56, 58, 59, 63, 64, 65, 66, 67, 68
ERA/OKID 12, 13, 15, 20
Estoque 70, 75
Evolução Diferencial (ED) 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 30, 41, 55, 69, 75, 106

G

Gestão 70, 75, 108

I

Inteligência Artificial 1, 2

L

LQR (Regulador Linear Quadrático) 12, 13, 15, 21, 28, 29, 30

M

Materiais 13, 31, 32, 42, 43, 46, 47, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 102, 108
Material Compósito 12, 13, 16, 19, 35
Mecatrônica 42, 54
Microcontroladores 42, 44, 55

P

Padrão 24, 25, 26, 27, 70, 71, 73
Parafuso Estojo 70, 71, 72, 73, 74, 75
Perfis Formados a Frio 56, 57, 58, 69

R

Rede Neural Artificial (RNA) 1

Resistência à Compressão 56, 57, 58, 64, 65, 66, 67, 68

S

Sistema Dinâmico 1, 21

V

Viga Flexível 21, 22

ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 