

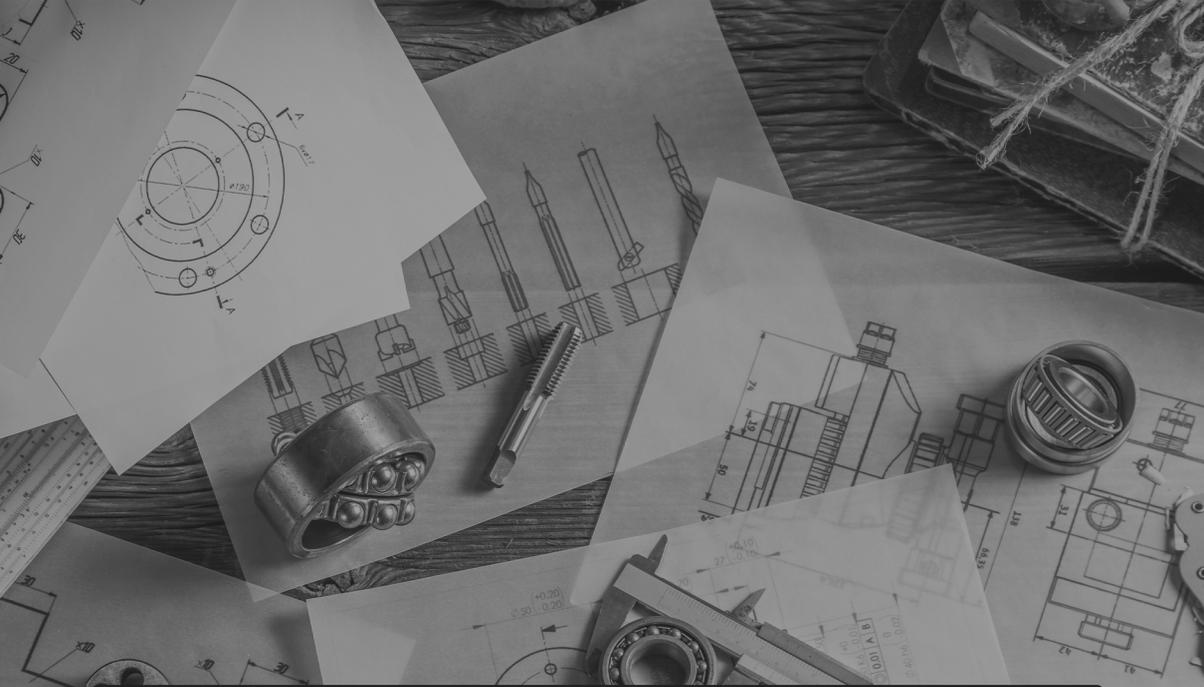


Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

Atena
Editora
Ano 2020



Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

Atena
Editora

Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

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 4.0 Internacional (CC BY 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. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
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. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. 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
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. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
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. 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 Albornoz – 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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

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

A639 A aplicação do conhecimento científico na engenharia mecânica 2 [recurso eletrônico] / 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

ISBN 978-65-5706-376-7

DOI 10.22533/at.ed.767201109

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João.

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas. Nesta obra é conciliada duas atividades essenciais a um engenheiro mecânico: Projetos e Simulação.

A área de projetos, simulação bem como o desenvolvimento de novo materiais vem ganhando amplo destaque, pois através de simulações pode-se otimizar os projetos realizados, reduzindo o tempo de execução, a utilização de materiais e os custos finais.

Outra área de grande importância é o estudo das naturezas térmicas, pois devido a mudanças significativas no meio ambiente, gradientes cada vez maiores de amplitude térmica vêm sendo registrados. Estes afetem diretamente a processos, previsões de para projetos e ainda aos custos finais de produtos.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens nos projetos dentro da grande área das engenharias. Trabalhos envolvendo simulações devido a inserção de novos softwares dedicados a áreas específicas, auxiliando o projetista em suas funções. Sabe-los utilizar de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Neste livro são apresentados vários trabalhos, alguns com resultados práticos, sobre simulações em vários campos da engenharia industrial, elementos de maquinas e projetos de bancadas práticas.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DE EQUAÇÃO TEÓRICA NA PREDIÇÃO DE RUGOSIDADE DO AÇO ABNT 1045 SUBMETIDO AO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

Mayara Fernanda Pereira

Bruno Souza Abrão

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7672011091

CAPÍTULO 2..... 8

AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE SUPERFICIAL DO AÇO N2711 APÓS RETIFICAÇÃO COM REBOLO DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO

Henrique Butzlaff Hübner

Rosemar Batista da Silva

Marcus Antônio Viana Duarte

Eduardo Carlos Bianchi

DOI 10.22533/at.ed.7672011092

CAPÍTULO 3..... 15

AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE DO INCONEL 718 APÓS RETIFICAÇÃO COM REBOLOS DE DIFERENTES ABRASIVOS CONVENCIONAIS

Rodrigo de Souza Ruzzi

Raphael Lima de Paiva

Otávio de Souza Ruzzi

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7672011093

CAPÍTULO 4..... 22

AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE GERADA PELO PROCESSO DE JATEAMENTO EM DIFERENTES DISTÂNCIAS DO BOCAL À PEÇA

Henrique Butzlaff Hübner

Antonio Favero Filho

Freddy Alejandro Portillo Morales

Mayara Fernanda Pereira

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7672011094

CAPÍTULO 5..... 31

ENSAIO BALÍSTICO DE LAMINADOS DE AÇO PARA FUTURA APLICAÇÃO EM BLINDAGEM ADD-ON ESPAÇADA

João Pedro Inácio Varela

Ednaldo Gomes da Rocha Júnior

Wanderley Ferreira de Amorim Júnior

DOI 10.22533/at.ed.7672011095

CAPÍTULO 6..... 47

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE FILMES HÍBRIDOS BIODEGRADÁVEIS

COMPOSTOS POR FÉCULA DE BATATA (FB), GELATINA BOVINA (GB) E QUITOSANA (QT)

Francielle Cristine Pereira Gonçalves
Kristy Emanuel Silva Fontes
Elano Costa Silva
Arthur Domingos Mesquita De Moraes
Dyana Alves De Oliveira
Théo Martins De Alencar Paiva
Ricardo Alan Da Silva Vieira
Manoel Quirino da Silva Júnior
Francisco Leonardo Gomes de Menezes

DOI 10.22533/at.ed.7672011096

CAPÍTULO 7..... 60

REFLECTIVITY BEHAVIOR IN X-BAND OF MICROWAVE ABSORBERS BASED ON CU SUBSTITUTED NIZN SPINEL NANOCRYSTALLINE FERRITE

Valdirene Aparecida da Silva
Evandro Luis Nohara
Mirabel Cerqueira Rezende

DOI 10.22533/at.ed.7672011097

CAPÍTULO 8..... 71

DESENVOLVIMENTO DE PRÓTESE PERSONALIZADA DA ATM ATRAVÉS DA GERAÇÃO DE IMAGEM 3D BIOMECÂNICA A PARTIR DE TOMOGRAFIA

Rafael Ferreira Gregolin
Cecília Amélia de Carvalho Zavaglia
Ruís Camargo Tokimatsu
João Antônio Pereira
Bruna Beatriz de Paiva

DOI 10.22533/at.ed.7672011098

CAPÍTULO 9..... 81

PROJETO ROBUSTO DE CIRCUITO *SHUNT* RESSONANTE PARA ATENUAÇÃO PASSIVA DE VIBRAÇÕES EM VIGA COMPÓSITA

Lorrane Pereira Ribeiro
Antônio Marcos Gonçalves de Lima

DOI 10.22533/at.ed.7672011099

CAPÍTULO 10..... 93

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE GLP E GNV EM GERADOR À COMBUSTÃO

Paulo Roberto Hahn
Jorge Luis Plácido de Borba
Marco Antônio Frölich
Moisés de Mattos Dias
Elienai Josias Brum Dutra
Monir Göethel Borba
Patrice Monteiro de Aquim

Eduardo Luis Schneider
José Lesina Cezar
Lirio Schaeffer

DOI 10.22533/at.ed.76720110910

CAPÍTULO 11 104

MODELAGEM DE ESCOAMENTOS GÁS-LÍQUIDO INTERMITENTES: CORRELAÇÕES PARA O COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Lucas Avosani
Luiz Eduardo Melo Lima

DOI 10.22533/at.ed.76720110911

CAPÍTULO 12..... 117

RADIAÇÃO TÉRMICA EM SUPERFÍCIES SELETIVAS

Gustavo César Pamplona de Sousa
Raimundo Nonato Calazans Duarte
Wanderley Ferreira de Amorim Júnior
Kelly Cristiane Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.76720110912

CAPÍTULO 13..... 128

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE CONTROLE ÓTIMO UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS

Arthur Henrique Iasbeck
Fran Sérgio Lobato

DOI 10.22533/at.ed.76720110913

CAPÍTULO 14..... 139

CONSTRUÇÃO DO TEODOLITO CASEIRO:UMA ALTERNATIVA BARATA E EFICIENTE

Ronis Cley Fontes da Silva
Lourivan Carneiro de Souza

DOI 10.22533/at.ed.76720110914

CAPÍTULO 15..... 151

ANÁLISE DA POTÊNCIA ELÉTRICA NA RETIFICAÇÃO DO AÇO ENDURECIDO SAE 52100 EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CORTE

Raphael Lima de Paiva
Rodrigo de Souza Ruzzi
Otávio de Souza Ruzzi
Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.76720110915

SOBRE OS ORGANIZADORES 159

ÍNDICE REMISSIVO..... 160

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DE EQUAÇÃO TEÓRICA NA PREDIÇÃO DE RUGOSIDADE DO AÇO ABNT 1045 SUBMETIDO AO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 03/06/2020

Mayara Fernanda Pereira

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9571564835369283>

Bruno Souza Abrão

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/8991582410328510>

Rosemar Batista da Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica
Uberlândia – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/8157858526322556>

RESUMO: A crescente demanda por componentes com alta qualidade superficial e elevada produtividade têm norteado o estudo de processos de usinagem capazes de assegurar tais características. Assim, modelos teóricos vêm sendo desenvolvidos no sentido de verificar se os parâmetros de entrada selecionados ao processo permitem assegurar a qualidade desejada ao componente. Nesse sentido, o presente trabalho teve por finalidade comparar os resultados obtidos experimentalmente através de ensaios de retificação em amostras do aço ABNT 1045, com um modelo teórico de predição de rugosidade. A partir da análise dos resultados verificou-se que

em condições severas de retificação ($a_g = 40 \mu\text{m}$) o modelo teórico adotado mostrou-se eficiente na predição da rugosidade média da superfície.

PALAVRAS – CHAVE: Retificação, Modelo teórico, Rugosidade.

EVALUATION OF APPLICABILITY OF THEORETICAL EQUATION IN ROUGHNESS PREDICTION OF ABNT 1045 STEEL SUBMITTED TO GRINDING PROCESS

ABSTRACT: The growing demand for components with high surface quality and productivity have guided studies about machining processes whose are capable to ensure those characteristics. Therefore, theoretical models have been developed in order to verify of input parameters selected allow to ensure the desired quality to machined components. In this sense, the presente work aimed to compare the results obtained through a surface roughness theoretical model with those obtained after ABNT 1045 steel grinding trials. From anallized results it was possible to affirm that under severe grinding conditions ($a_g = 40 \mu\text{m}$) theoretical model proved to be efficient to predict average surface roughness.

KEYWORDS: Grinding, Theoretical model, Roughness.

1 | INTRODUÇÃO

Na indústria metal mecânica frequentemente recorre-se ao uso de processos de usinagem com ferramentas de geometria não

definida, como é o caso da retificação que, permite assegurar aos componentes usinados uma combinação única entre tolerâncias dimensionais reduzidas aliadas a tolerâncias de forma estreitas (Malkin e Guo, 2008). Essa combinação de propriedades é alcançada mediante as características e os parâmetros do processo. Na retificação, a ferramenta de corte ou rebolo é composto por inúmeras partículas não metálicas, de dimensões reduzidas e multicortantes que executam a remoção de material sob a forma de cavacos (Klocke, 2009). Durante a realização do processo, as partículas abrasivas adentram na superfície da peça a baixos valores de penetração de trabalho (na ordem de micrometros) sendo que esta combinação de parâmetros assegura que uma baixa espessura de material seja removida e, conseqüentemente, sulcos nas superfícies sejam da ordem de micrometros (Jackson e Davim, 2011).

Dessa forma, um dos principais parâmetros de saída avaliados em amostras retificadas é a rugosidade, considerada como um importante parâmetro para averiguar a integridade superficial de amostras retificadas (Malkin e Guo, 2008). Alguns pesquisadores afirmam que é possível utilizar-se de modelos que envolvem parâmetros de retificação para prever a rugosidade a ser proporcionada na peça retificada e assim, comparar com os valores obtidos experimentalmente. Entretanto, em razão das inúmeras variáveis que podem afetar a retificação, existem diversos modelos teóricos para esta finalidade. Segundo Malkin (2012) e Saad et al. (2010), a predição dos valores de rugosidade pode auxiliar na correta escolha dos parâmetros de corte a fim de que o acabamento superficial desejado seja alcançado. Ainda segundo Malkin (2012), quando um dressador de ponta única é empregado ao longo da dressagem (afiação) do rebolo abrasivo, a rugosidade R_a da superfície a ser obtida é dependente de duas constantes empíricas R_2 e a_d , da espessura de material não removido (h_{eq}) e, da largura de atuação do dressador (b_d), profundidade de dressagem (a_d) e do grau de recobrimento do rebolo (U_d), Eq. 1.

$$R_a = R_2 \cdot \left(\frac{b_d}{U_d}\right)^{0,5} \cdot a_d^{0,25} \cdot \left(\frac{V_w \cdot a_e}{V_s}\right)^x \quad (1)$$

Nesse sentido, em um trabalho desenvolvido por Paiva et al. (2017) os autores buscaram realizar uma validação experimental de um modelo teórico para predição de valores de rugosidade com base na Eq. 1, ou seja, para verificar quão próximos ou não estariam os valores teóricos de rugosidade dos valores experimentais alcançados após a retificação plana tangencial dos aços inoxidável VP 80 e para moldes VP ATLAS com rebolo de óxido de alumínio (AA46K6V), sob diferentes concentrações de fluido sintético diluído em água (3 % e 8 %). De acordo com os autores, sob a condição de maior penetração de trabalho $a_o = 25 \mu\text{m}$, uma velocidade de corte de 35 m/s, uma velocidade da peça de 10 m/

min, uma largura de atuação do dressador $b_d = 0,6928$ mm e um grau de recobrimento $U_d = 5$, levando-se em consideração que os parâmetros $R_2 = 0,44$ e $x = 0,56$ são empíricos e pré-definidos para um aço 1080 de referência, os autores obtiveram a partir da Eq. 1 que $R_a = 0,39 \mu\text{m}$, cerca de 30 % maior do que o obtido experimentalmente sob a concentração de fluido de 3 %.

Em outro estudo desenvolvido por Khare e Agarwal (2015), os autores buscaram desenvolver um modelo que pudesse prever a rugosidade de um aço AISI 4340 retificado, como vias a selecionar os melhores parâmetros e condições de corte a fim de obter-se o melhor acabamento superficial possível. Nos ensaios, utilizou-se um rebolo de óxido de alumínio, velocidade de corte de 36,6 m/s, três penetrações de trabalho ($5 \mu\text{m}$, $10 \mu\text{m}$ e $15 \mu\text{m}$) e três velocidades da peça (5 m/min, 10 m/min e 15 m/min). Como resultados, os autores relataram que os valores de rugosidade obtidos experimentalmente foram praticamente iguais aos obtidos analiticamente ($R_a = 0,32 \mu\text{m}$) ao empregarem a velocidade da peça de 5 m/min e $a_e = 10 \mu\text{m}$. Contudo, com o aumento da velocidade da peça, os valores experimentais foram inferiores aos obtidos analiticamente, $0,56 \mu\text{m}$ e $0,65 \mu\text{m}$ respectivamente. Segundo os autores, essa diferença entre os resultados não foi tão expressiva, o que permite afirmar que o modelo desenvolvido foi eficiente em termos de determinação da rugosidade.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por finalidade averiguar se modelos matemáticos são eficazes ou não para predição de valores de rugosidade em amostras retificadas do aço ABNT 1045.

2 | METODOLOGIA

Os ensaios experimentais de retificação foram realizados em uma retificadora plana tangencial, modelo P36, do fabricante MELLO S.A, com potência de 3 hp (2,24 kW), uma rotação de eixo igual a 2400 rpm. Como ferramenta de corte foi empregada um rebolo de óxido de alumínio branco, com especificação ART 38A60JVH, de dimensões iguais a 254,0 mm de diâmetro externo, por 25,4 mm de espessura e 76,0 mm de diâmetro interno, e que foi fabricado pela empresa Norton - Saint Gobain Abrasives. A velocidade de corte (V_s) selecionada foi de 31,9 m/s enquanto que os parâmetros de entrada variados foram a velocidade da peça (V_w) (5 m/min e 7,5 m/min) e a penetração de trabalho ($20 \mu\text{m}$ e $40 \mu\text{m}$). Os ensaios foram feitos na presença de fluido de corte sintético, Grindex 10, diluído em água a uma proporção 1:19, correspondente ao BRIX = 3,2 %. Esta concentração foi verificada com um refratômetro N1, ATAGO antes de cada teste. O bocal através do qual o fluido de corte escoava foi posicionado a uma distância horizontal de 83 mm e uma distância vertical de 103 mm a fim de que o fluido de corte tangenciasse a superfície do rebolo. Para tanto, adotou-se uma vazão de fluido $V_f = 8,57$ L/min.

As amostras retificadas são todas compostas do aço ABNT 1045 (220 HB) e foram seccionadas para atingir as seguintes dimensões: 19,0 mm de altura x 19,0 mm de espessura x 47,6 mm de comprimento. Antes de cada ensaio de retificação o rebolo foi dressado com um dressador do tipo *fliesen*, com b_g constante e igual a 0,8, posicionado sobre a mesa da máquina retificadora de tal forma a percorrer transversalmente à largura do rebolo, 5 passes de dressagem cada um a uma profundidade a_g de 20 μm , o que configura um grau de recobrimento $U_d = 5$.

Após os ensaios de retificação, foram avaliados os parâmetros de rugosidade R_a e R_t em cada uma das amostras do aço ABNT 1045. Para a realização das medições foi empregado um rugosímetro portátil da marca Mitutoyo, modelo SJ201P, de resolução igual a 0,01 μm , para o qual adotou-se um comprimento de onda do filtro (*cut-off*) de 0,8 mm e um comprimento de avaliação igual a 5 mm. O apalpador do rugosímetro foi posicionado de tal forma a percorrer transversalmente ao sentido de retificação três regiões distintas para a aquisição dos valores de rugosidade. A partir destes resultados, foi calculada a média e o desvio padrão das medições. Já os valores de rugosidade analíticos foram obtidos a partir da Eq. 1 (sendo utilizado na equação $R_2 = 0,44$ e $x = 0,56$), que foram confrontadas com os valores mensurados nas amostras retificadas, para que assim fosse possível averiguar a validade ou não do modelo matemático na predição dos valores de rugosidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1a e 1b são apresentados os resultados experimentais de rugosidade R_a e R_t , respectivamente, em função da penetração de trabalho (a_e) e da velocidade da peça (V_w). O aumento tanto de a_e quanto de V_w resultaram na elevação dos valores para os dois parâmetros de rugosidade avaliados. Segundo Rowe (2014), este comportamento é explicado com base na espessura equivalente de corte (h_{eq}). O parâmetro h_{eq} é diretamente proporcional às variáveis a_e e V_w , sendo, portanto, o aumento destas responsável pelo incremento da espessura equivalente de corte, que por sua vez implica na elevação da tensão entre os grãos abrasivos. Como consequência, haverá aumento dos esforços de corte e dos valores de rugosidade do componente retificado.

Além disso, a variação da velocidade da peça resultou em um aumento de 442% no parâmetro R_a , mostrando-se assim mais significativo que a variação da penetração de trabalho que resultou em aumento de 282%. Com relação ao parâmetro R_t essas variações percentuais foram de 450% (velocidade da peça) e 212% (penetração de trabalho).

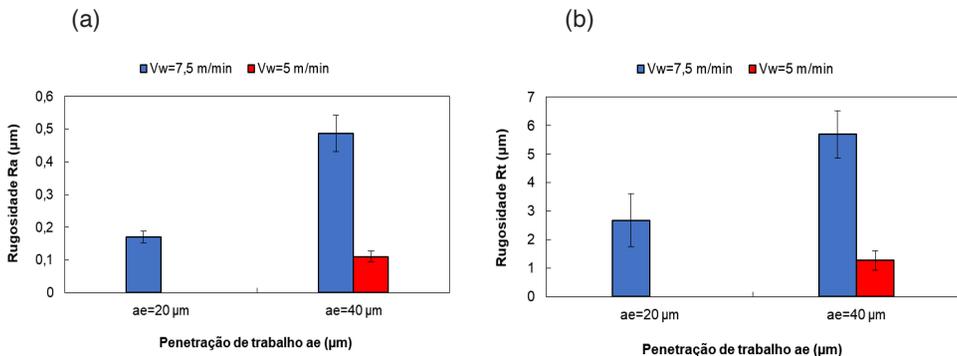


Figura 1 - Parâmetros de rugosidade em função da velocidade da peça (V_w) e da penetração de trabalho (a_e): a) R_a e b) R_t .

Na Tabela 1 são apresentados os valores teóricos de rugosidade R_a obtidos por meio da utilização da Equação 1. Ao comparar os valores obtidos na Tabela 1 com aqueles apresentados nas Figura 1a e 1b, observa-se que apenas para a condição de corte mais severa, representado por $V_w = 7,5$ m/min e $a_e = 40$ µm, os resultados obtidos analiticamente são bem similares aos obtidos através de ensaios experimentais de retificação.

Desta forma é possível constatar a grande dificuldade no desenvolvimento de modelos teóricos que sejam válidos para uma ampla faixa de condições tendo em vista as diversas variáveis do processo (características dos rebolos abrasivos, material da peça de trabalho, parâmetros de corte, condições de lubri-refrigeração, dentre outros) que podem afetar a qualidade superficial do componente retificado. Neste sentido, diversos autores têm proposto equações teóricas, sempre buscando aprimorar as já estabelecidas, mediante o estudo das variáveis de maior influência para a retificação (ZHOU e XI, 2002; HECKER e LIANG, 2003; KHARE e AGARWAL, 2015).

| | $a_e = 20$ µm | $a_e = 40$ µm |
|-------------------|---------------|---------------|
| $V_w = 5$ m/min | - | 0,3902 µm |
| $V_w = 7,5$ m/min | 0,3322 µm | 0,4897 µm |

Tabela 1: Valores teóricos de rugosidade R_a de acordo com a Equação 1.

4 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos após a retificação do aço ABNT 1045 sob diferentes condições de corte, as seguintes conclusões podem ser obtidas:

- O aumento da penetração de trabalho e da velocidade da peça resultaram no aumento dos parâmetros de rugosidade R_a e R_t obtidos experimentalmente, sendo que a variação da velocidade da peça mostrou-se mais significativa para os parâmetros de rugosidade avaliados do que a penetração de trabalho;

- A equação teórica de rugosidade só foi válida para a condição de corte mais severa ($V_w = 7,5$ m/min e $a_g = 40$ μ m) indicando dificuldade em se propor modelos teóricos que sejam aplicáveis para a retificação em razão da elevada quantidade de variáveis que influenciam o processo.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também gostariam de agradecer a todos os integrantes do LEPU e LUC da FEMEC-UFU pelo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho, como também ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFU pelo apoio financeiro concedido. Os autores agradecem ainda às empresas Saint-Gobain Abrasivos da América do Sul, Blaser Swissslube e Tupy Fundições pelas doações do rebolo, do fluido de corte e ferro fundido, respectivamente. Rosemar Batista da Silva agradece, à FAU pelo Processo de Chamada Pública Nº 02/2018 e ao CNPq, via projeto n. 426018/2018-4 Chamada MCTIC/CNPq Nº 28/2018 – Universal, pelo apoio financeiro e que permitiram o desenvolvimento deste trabalho.

DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

REFERÊNCIAS

De Paiva, R.L.; Da Silva, R.B.; Jackson, M.J.; Abrão, A.M. The influence of cutting fluid concentration on surface integrity of VP80 steel and the influence of cutting fluid flow rate on surface roughness of VPATLAS steel after grinding. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**. v. 139, n.12, p. 1 – 7, 2017.

Hecker, R.L; Liang, S.Y. Predictive modeling of surface roughness in grinding. **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, v. 43, n. 8, p. 755 -761, 2003.

Jackson, M.J.; Davim, J.P. **Machining with Abrasives**. 1.ed. Nova York: Springer, 2011, 423 p.

Khare, S.K.; Agarwal, S. Predictive modeling of surface roughness in grinding. **Procedia CIRP**, v. 31, p. 375 – 380, 2015.

Klocke, F. **Manufacturing Process 2: Grinding, Honing, Lapping**. 1.ed. Aachen: Springer Science & Business Media, 2009, 433 p.

Malkin, S., Guo, C. **Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives**. 2.ed. Nova York: Industrial Press, 2008, 373 p.

Malkin, S. Grinding: 'Practical Art' or 'Applied Science'?. *In*: SAINT GOBAIN GRINDING RESEARCH SYMPOSIUM, Northboro, MA, Nov. 8, 2012, 53 p.

Rowe, W. B. **Principles of Modern Grinding Technology**. 2.ed. Oxford: William Andrew, 2013, 480 p.

Saad, A.; Bauer, R.; Andrew Warkentin, A. Investigation of Single Point Dressing Overlap Ratio and Diamond-Roll Dressing Interference Angle on Surface Roughness in Grinding. **Transactions Canadian Society for Mechanical Engineering**, v. 34, n. 2, p. 295 – 308, 2010.

Zhou, X.; Xi, F. Modeling and predicting surface roughness of the grinding process. **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, v. 42, n. 8, p. 969 – 977, 2002.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acabamento 2, 3, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 22, 25, 28, 75, 151, 152

Aço Carbono 22, 25

Aço N2711 8, 13

Algoritmos 128, 129, 131

Aplicações Matemáticas 128

Atmosfera de Corte 19, 151, 152, 154, 155, 156, 157

B

Biodegradável 49, 52

Biomodelos 71, 73

Blindagem 31, 32, 33, 34, 35, 36, 42, 45, 46

C

Caracterização Mecânica 47, 48

Carbeto de Silício 15, 16, 17, 18, 19, 20

Circuitos Shunt Piezelétricos 81

Coefficiente Convectivo 104, 106, 110

Coletor Solar 117, 126

Controle Ótimo 91, 128, 129, 130, 135, 138

Controle Passivo 81, 82, 86, 91

Correlações 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114

D

Distância de Aplicação 22, 24, 25, 29

E

Elementos Finitos 71, 74, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 92

Embalagens 48, 52, 96

Energia Renovável 94, 101

Escoamento Multifásico 104

G

Gás Liquefeito de Petróleo 94, 96, 102, 103

Gás Natural Veicular 94, 95, 97

Grupo Motor-Gerador 93, 94, 95, 98, 99, 100, 102

I

Imagem Médica 71

Inconel 718 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Integridade da Superfície 8

J

Jateamento 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

L

Laminados de Aço 31, 32, 36, 39

M

Materiais Absorvedores 60, 61, 70

Material Compósito 81, 82, 85, 86

Modelagem 71, 72, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 86, 92, 104, 138, 141, 143

Modelo Teórico 1, 2

Módulos Balísticos 31

N

Nanopartículas 61

P

Padrão Intermitente 104, 105, 107, 108

Penetração de Trabalho 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Potência Elétrica 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Propagação de Incertezas 81

Próteses 71, 73

R

Radiação Térmica 117, 118, 119, 122, 123, 126

Refletividade 60, 61, 122, 123, 124, 126

Retificação 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 28, 29, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Rugosidade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 27, 28, 29, 30, 151

S

Superfícies Seletivas 117, 118, 127

T

Teodolito 139, 140, 141, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Transferência de Calor 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 118, 126, 127

V

Velocidade da Peça 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 17, 18, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

 **Atena**
Editora

Ano 2020

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

2

 **Atena**
Editora
Ano 2020