



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 Cremo

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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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**

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

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 29/05/2020

### **Raphael Lima de Paiva**

Universidade Federal do Piauí, Curso de  
Engenharia Mecânica  
Teresina – PI  
Universidade Federal de Uberlândia,  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
Uberlândia – MG  
Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9916802468235933>

### **Rodrigo de Souza Ruzzi**

Universidade Federal de Uberlândia,  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
Uberlândia – MG  
Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7535019791135891>

### **Otávio de Souza Ruzzi**

Universidade Federal de Uberlândia,  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
Uberlândia – MG  
Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4104254776715740>

### **Rosemar Batista da Silva**

Universidade Federal de Uberlândia,  
Faculdade de Engenharia Mecânica  
Uberlândia – MG  
Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8157858526322556>

**RESUMO:** A retificação é um processo de usinagem por abrasão normalmente aplicado no acabamento de superfícies, uma vez que confere à peça uma combinação de baixos valores de rugosidade e tolerâncias dimensionais estreitas. Como todo processo de usinagem, os parâmetros de corte na retificação, incluindo a atmosfera de corte (condições de lubri-refrigeração), exercem grande influência nos esforços de corte durante o processo e, conseqüentemente, na potência requerida. Dessa forma, o monitoramento de tais esforços e/ou potência é importante para o estudo e/ou controle dos fenômenos que ocorrem durante o processo. Dentre as metodologias utilizadas para medição de potência durante a retificação, destaca-se, por sua relativa simplicidade e baixo custo de implementação, a medição de potência elétrica através dos sinais de tensão e corrente elétrica do motor responsável pela rotação do rebolo. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo analisar a potência elétrica requerida na retificação do aço endurecido SAE 52100 sob diferentes condições de corte. A potência elétrica foi calculada através dos sinais instantâneos de tensão e corrente elétrica do motor elétrico trifásico responsável pela rotação do rebolo, medidos com auxílio de sensores por efeito Hall. As condições de corte foram variadas em termos de velocidade da peça ( $v_w$ ), penetração de trabalho ( $a_p$ ) e atmosfera de corte: a seco e com fluido de corte aplicado pelas técnicas convencional e mínima quantidade de lubrificante (MQL). Os resultados mostraram que a potência elétrica aumentou com a taxa de remoção de material, isto é, com o aumento de  $v_w$  e/ou  $a_p$ .

Além disso, a aplicação de fluido de corte pela técnica MQL contribuiu para reduzir a potência elétrica requerida em comparação com as outras atmosferas de corte testadas. Todos os fatores analisados foram estatisticamente significativos para os resultados de potência elétrica, sendo  $a_e$  o mais influente para as condições utilizadas neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Retificação, Potência elétrica, Atmosfera de corte, Velocidade da peça, Penetração de trabalho.

## ELECTRIC POWER ANALYSIS IN GRINDING OF SAE 52100 HARDENED STEEL UNDER DIFFERENT CUTTING CONDITIONS

**ABSTRACT:** Grinding is an abrasive machining process generally applied to finishing since it provides a combination of both low values of surface roughness and tight dimensional tolerances. Like any other machining process, the cutting parameters, including cutting atmosphere (cooling-lubrication techniques), strongly affect cutting forces and thus the required power during grinding. Therefore, monitoring cutting forces and/or grinding power is important to study and/or controlling the process phenomena. Among the methodologies available to monitor power during grinding process, the electric power measurement through instantaneous voltage and electric current signals of spindle motor stands out due to its relative simplicity and low cost. In this context, this work aims to analyze the electric power required during grinding of SAE 52100 hardened steel under different cutting conditions. Electric power was calculated from instantaneous signals of current and voltage of spindle motor responsible for the rotation of grinding wheel with Hall effect sensors. Cutting parameters were varied in terms of workpiece speed ( $v_w$ ), radial depth of cut ( $a_e$ ), and cutting atmosphere: dry condition and cutting fluid applied via conventional (flood) and minimum quantity lubrication (MQL) techniques. The results showed that electric power increased with material removal rate, i.e., when increasing  $v_w$  and/or  $a_e$ . Furthermore, the cutting fluid application with MQL technique contributed to reduce electric power required during grinding in comparison to the other tested cutting atmospheres. All the factors analyzed in this work were statistically significant to electric power results, and  $a_e$  was the most influential factor for the conditions used in this work.

**KEYWORDS:** Grinding, Electric power, Cutting atmosphere, Workpiece speed, Radial depth of cut.

## 1 | INTRODUÇÃO

A retificação é um processo de usinagem por abrasão normalmente aplicado para conferir à uma dada superfície um bom acabamento superficial combinado com tolerâncias geométricas estreitas, além de gerar poucas rebarbas (STEPHENSON; AGAPIOU, 2016). Por se tratar, portanto, de um processo de acabamento, a correta seleção dos parâmetros de corte é fundamental para evitar quaisquer danos à peça, o que acarretaria a perda de todo valor agregado em processos de fabricação previamente empregados.

Como os parâmetros de corte exercem grande influência nos esforços de corte e consequentemente na potência de corte (uma vez que esta é o produto da força de corte pela velocidade de corte), o monitoramento de tais variáveis de saída representa uma

ferramenta bem útil para detectar qualquer anormalidade durante o processo e, ainda, pode auxiliar no estudo do mesmo, correlacionando a potência durante o corte e/ou os esforços de corte com, por exemplo, a integridade superficial da peça retificada.

A forma mais comum para monitoramento dos esforços de corte e potência na retificação é a utilização de dinamômetros com cristais piezoelétricos conforme utilizado, por exemplo, por Tawakoli et al. (2011) e Hadad et al. (2012) na retificação plana tangencial do aço endurecido SAE 52100. Nesta metodologia os autores fixaram a peça sobre o dinamômetro, dispositivo que responde às deformações causadas na peça com sinais de tensão elétrica, que são então diretamente associados com os esforços de corte.

Outra forma para medição de potência durante o processo de retificação é através da aquisição dos sinais de tensão e corrente elétrica instantâneos do motor responsável pela rotação do rebolo, medindo, portanto, o sinal de potência elétrica requerida durante o processo. Esta metodologia apresenta um menor custo em relação à utilização de dinamômetros, além de não ser necessário modificar a fixação da peça no processo, o que a torna mais viável para aplicação em chão de fábrica. Madopothula et al. (2018) monitoraram a potência elétrica do motor responsável pela rotação do rebolo durante a retificação do aço endurecido SAE 52100 com rebolo de óxido de alumínio. Os autores observaram uma boa correlação entre a magnitude do aumento de potência elétrica durante o corte e a presença ou não de danos de origem térmica à peça. Eles concluíram que este tipo de monitoramento é uma ferramenta eficaz para estimar/prever tais tipos de danos em peças retificadas.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a potência elétrica do motor responsável pela rotação do rebolo na retificação plana tangencial do aço endurecido SAE 52100 em diferentes condições de corte, incluindo três atmosferas de usinagem e diferentes níveis de velocidade da peça e penetração de trabalho, como também avaliar qual das condições de corte são mais significativas na potência elétrica.

## 2 | METODOLOGIA

Os ensaios experimentais de retificação foram realizados em uma retificadora plana tangencial modelo P36, Mello, que possui motor elétrico responsável pela rotação do rebolo com potência nominal de 2,24 kW e rotação fixa de 2400 rpm. O rebolo utilizado foi de óxido de alumínio branco ( $Al_2O_3$ ) com diâmetro externo de 250 mm e especificação AA60K6V. O material retificado foi o aço endurecido SAE 52100, com dureza de  $60 \pm 2$  HRC e geometria cilíndrica de 16 mm de diâmetro por 17,4 mm de altura.

Os parâmetros de corte utilizados nos ensaios de retificação foram: velocidade de corte ( $v_s$ ) de 31 m/s, velocidade da peça ( $v_w$ ) de 3 m/min e 7 m/min e penetração de trabalho ( $a_e$ ) de 10  $\mu$ m e 30  $\mu$ m. Cada ensaio experimental consistiu na remoção de uma altura equivalente à  $a_e$  em uma única passagem do rebolo sobre a peça (passe em cheio). O

rebolo foi dressado antes de cada ensaio experimental com um dressador de diamante do tipo ponta única, utilizando-se uma largura de dressagem ( $b_d$ ) igual 0,31 mm e velocidade de dressagem ( $v_d$ ) de 150 mm/min, parâmetros que resultam em um grau de recobrimento de dressagem ( $U_d$ ) igual a 5. Três (3) diferentes atmosferas de corte foram utilizadas neste trabalho: a seco, fluido de corte aplicado via técnica convencional (abundância) e Mínima Quantidade de Lubrificante (MQL). O fluido de corte utilizado foi o sintético Grindex 10, da fabricante Blaser Swissslube, que foi inicialmente diluído em água na razão de 1:19 para a técnica convencional, e apenas óleo (sem água) para a técnica MQL. As vazões de 9 L/min e 150 mL/h foram aquelas empregadas para as técnicas convencional e MQL, respectivamente. Para a técnica MQL a pressão do ar comprimido foi igual a 0,3 MPa.

A variável de saída medida nos ensaios de retificação foi a potência elétrica do motor responsável pela rotação do rebolo, que foi calculada através dos sinais de tensão e corrente instantâneos de uma das três fases do motor elétrico. Os sinais foram medidos com sensores de efeito Hall e adquiridos com auxílio de uma placa de aquisição de sinais NI 6001 da National Instruments juntamente com o software LabView. A taxa de aquisição utilizada foi de 3,3 kHz. O sinal de potência elétrica adquirido foi então tratado com uma média móvel de 5 períodos com o software Octave. Os pontos de máxima potência elétrica durante o corte foram utilizados para comparações entre as diferentes condições utilizadas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 são mostrados os valores de potência elétrica máxima adquiridos em função das atmosferas de corte utilizadas e para as diferentes condições de corte (velocidade da peça ( $v_w$ ) e penetração de trabalho ( $a_e$ )). As barras de desvio-padrão são referentes à variação média na potência elétrica em vazio, isto é, a potência necessária apenas para colocar o rebolo em rotação.

Pode-se observar da Figura 1 que a potência elétrica máxima adquirida durante os ensaios de retificação aumentou com a velocidade da peça ( $v_w$ ) e penetração de trabalho ( $a_e$ ), independentemente da condição de atmosfera de corte. A potência requerida durante o corte é função da força tangencial ( $F_t$ ), que por sua vez está associada com a severidade do processo.

De acordo com Malkin e Guo (2008), condições com maiores valores de  $v_w$  e  $a_e$  aumentam a taxa de remoção de material ( $Q_w$ ) e a espessura de cavaco não deformado, o que resulta em um efeito negativo nos esforços de corte. Com isso, há elevação da força tangencial necessária para remoção do material pretendido e, conseqüentemente, da potência requerida durante o corte. Esta é a razão para os maiores valores de potência elétrica observados para a condição mais severa ( $v_w = 7$  m/min e  $a_e = 30 \mu\text{m}$ ), que em relação à condição mais branda ( $v_w = 3$  m/min e  $a_e = 10 \mu\text{m}$ ), apresentaram um aumento de 95%, 105% e 99% para as atmosferas de corte a seco, convencional e MQL, respectivamente.

Tal comportamento de aumento dos esforços de corte com a espessura de cavaco não deformado também foi observado por Yao et al. (2014) na retificação plana tangencial do aço endurecido Aermet 100 com rebolo de  $Al_2O_3$ .

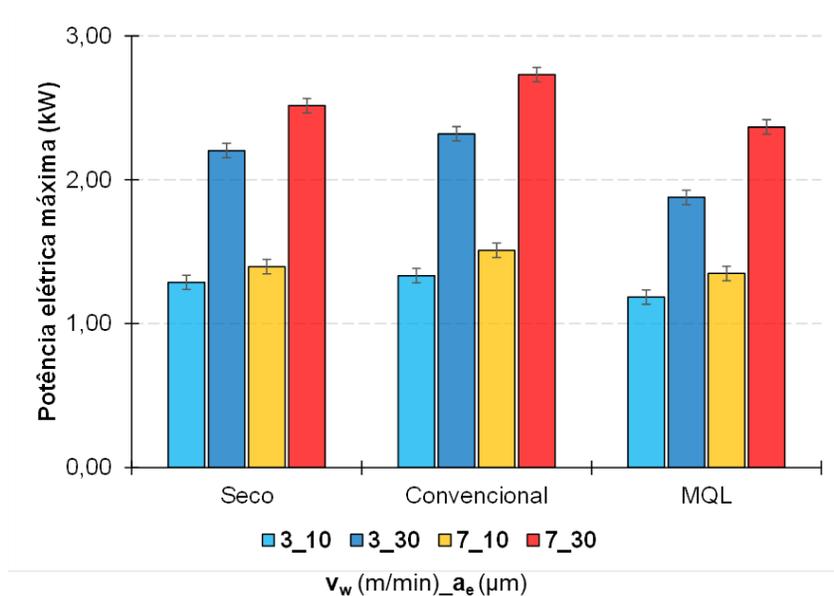


Figura 1: Potência elétrica máxima de corte em função da atmosfera de corte para diferentes condições de  $v_w$  e  $a_e$ .

Ainda da Figura 1 é possível observar que, para as condições de penetração de trabalho e velocidade da peça utilizadas neste trabalho, a potência elétrica durante o corte foi mais sensível à variação de  $a_e$ . Para a atmosfera de corte convencional, por exemplo, o aumento de  $v_w$  de 3 m/min para 7 m/min resultou em um aumento na potência elétrica de 15% em média, enquanto o aumento de  $a_e$  de 10  $\mu$ m para 30  $\mu$ m apresentou um aumento, em média, de 77%.

Em relação à influência da atmosfera de corte na potência elétrica, observa-se que a aplicação de fluido de corte pela técnica de Mínima Quantidade de Lubrificante (MQL) reduziu a potência quando comparada à técnica convencional, principalmente nas condições com penetração de trabalho de 30  $\mu$ m. De acordo com Wang et al. (2016), o fluido de corte aplicado pela técnica MQL possui uma maior capacidade de penetração na zona de corte por conta do auxílio do ar comprimido, o que confere à técnica uma melhor capacidade de lubrificação em comparação à técnica convencional, onde as pressões do próprio fluido são inferiores a pressão do ar comprimido da técnica MQL. Esta melhor lubrificação reduz os esforços de corte e, conseqüentemente, a potência requerida para remoção do material conforme observado nos resultados apresentando na Figura 1.

No entanto, é importante salientar que, embora a técnica MQL apresente uma melhor capacidade lubrificante que a técnica convencional, sua capacidade de refrigeração é limitada e a parcela de calor conduzida para a peça durante o processo pode ser suficiente para desenvolver temperaturas altas o bastante para reduzir a resistência do material, o que também contribui para a redução dos esforços de corte e da potência requerida. Inclusive, esta é a provável razão pela qual a condição a seco apresentou menores valores de potência que a condição com fluido de corte aplicado pela técnica convencional, principalmente para as condições mais severas em que a quantidade de calor gerado é maior.

Portanto, os menores valores de potência observados na retificação com a técnica MQL podem estar associados também à menor capacidade de refrigeração como observado para a condição a seco, fazendo-se necessário uma análise da integridade superficial e subsuperficial a fim de verificar a existência ou não de danos de origem térmica após a retificação com a técnica MQL, bem como sua magnitude em comparação à retificação com a técnica convencional.

Na Figura 2 são mostrados os valores médios de potência elétrica máxima em função das variáveis de entrada utilizadas com seus respectivos valores  $p$ , adquiridos após análise de variância (ANOVA) com os resultados apresentados na Figura 1.

Conforme pode ser observado na Figura 2, todos os parâmetros de corte analisados neste trabalho (atmosfera de corte, velocidade da peça e penetração de trabalho) apresentaram um valor  $p$  menor que 0,05 e, portanto, se mostraram significativos para um intervalo de confiabilidade de 95%. Além disso, os gráficos da Figura 2 mostram que a variável de entrada que apresentou maior efeito na potência elétrica durante a retificação foi a penetração de trabalho ( $a_g$ ), seguida pela velocidade da peça ( $v_w$ ) e atmosfera de corte. Ao aumentar a penetração de trabalho, aumenta-se o número de abrasivos em contato com a peça como também da área de contato. Com isso, os esforços de corte são maiores e, conseqüentemente exige-se mais potência da máquina-ferramenta.

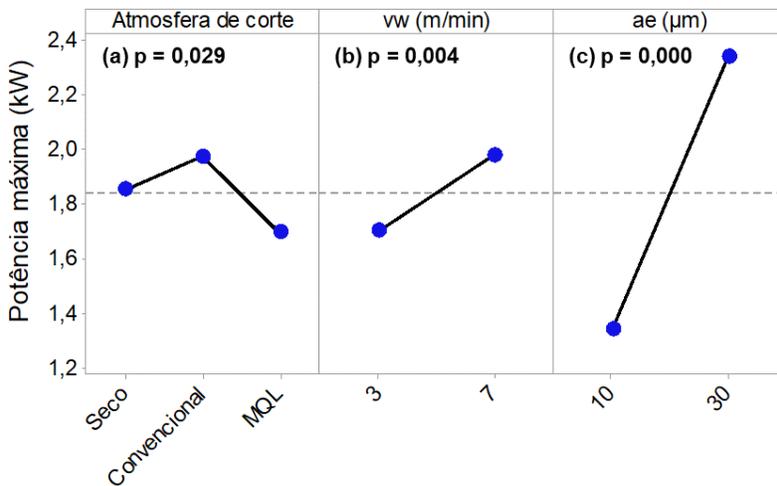


Figura 2: Valores médios da potência máxima em função da atmosfera de corte (a), velocidade da peça (b) e penetração de trabalho (c). As barras verticais denotam um intervalo de 95% de confiabilidade.

## 4 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que:

- I. A potência elétrica durante a retificação aumentou com a taxa de remoção de material ( $Q_w$ ), isto é, com a velocidade da peça ( $v_w$ ) e penetração de trabalho ( $a_e$ );
- II. Para as condições utilizadas neste trabalho, a potência elétrica máxima durante o corte foi mais sensível à variação de  $a_e$ , aumentando, em média, 77% com o aumento de  $a_e$  de 10  $\mu\text{m}$  para 30  $\mu\text{m}$ ;
- III. A aplicação de fluido de corte pela técnica MQL foi a atmosfera de corte que apresentou os menores valores de potência elétrica durante a retificação, independentemente dos parâmetros de corte  $v_w$  e  $a_e$ ;
- IV. Todos os fatores analisados se mostraram estatisticamente significativos para a potência elétrica durante o corte, considerando um intervalo de confiabilidade de 95%. O fator de maior efeito foi a penetração de trabalho, seguida pela velocidade da peça e atmosfera de corte.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia. O primeiro autor agradece, ainda, à Universidade Federal do Piauí - UFPI, pela oportunidade de dar continuidade através de afastamento ao curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica (nível de doutorado) na UFU. Rosemar Batista da Silva agradece à FAU pelo Processo de Chamada Pública N°

02/2018 e à FAPEMIG via EDITAL 01/2016 - DEMANDA UNIVERSAL - PROCESSO N.: TEC - APQ-01119-16, à FAU pelo Processo de Chamada Pública Nº 02/2018, pelo apoio financeiro e que permitiram o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

HADAD, M. J., TAWAKOLI, T., SADEGHI, M. H., SADEGHI, B. "Temperature and energy partition in minimum quantity lubrication-MQL grinding process". **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 54-55, 2012, 10-17.

MADOPOTHULA, U., NIMMAGADDA, R. B., LAKSHMANAN, V. "Assessment of withe layer in hardened AISI 52100 steel and its prediction using grinding power". **Machining Science and Technology**, 22:2, 2018, 299-319.

MALKIN, S., GUO, C. **GRINDING TECHNOLOGY, Theory and Applications of Machining with Abrasives**. Second Edition, Industrial Press, New York, 2008, 372 p.

STEPHENSON, D. A., AGAPIOU, J. S. **Metal Cutting Theory and Practice**. Third Edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, 2016.

TAWAKOLI, T., HADAD, M., SADEGHI, M. H., DANESHI, A., SADEGHI, B. Minimum quantity lubrication in grinding: effects of abrasive and coolant – lubricant types. **Journal of Cleaner Production**, 19, 2011, 2088-2099.

WANG, Y., LI, C., ZHANG, Y., YANG, M., LI, B., JIA, D., HOU, Y., MAO, C. Experimental evaluation of the lubrication properties of the wheel/workpiece interface in minimum quantity lubrication (MQL) grinding using different types of vegetable oils. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 127, 2016, pp. 487-499.

YAO, C., WANG, T., XIAO, W., HUANG, X., REN, J. Experimental study on grinding force and grinding temperature of Aermet 100 steel in surface grinding. **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 214, 2014, pp. 2191-2199.

## **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 dos 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

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](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

# 2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2020

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Mecânica

# 2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2020