



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<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  
Ruis 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**

*Data de aceite: 01/09/2020*

*Data de submissão: 29/05/2020*

### **Gustavo César Pamplona de Sousa**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica  
Campina Grande – PB  
<http://lattes.cnpq.br/7318485795901551>

### **Raimundo Nonato Calazans Duarte**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica  
Campina Grande – PB  
<http://lattes.cnpq.br/6888984510203323>

### **Wanderley Ferreira de Amorim Júnior**

Universidade Federal de Campina Grande,  
Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica  
Campina Grande – PB  
<http://lattes.cnpq.br/8131607733881361>

### **Kelly Cristiane Gomes da Silva**

Universidade Federal da Paraíba, Centro de  
Energias Alternativas e Renováveis  
João Pessoa – PB  
<http://lattes.cnpq.br/0678485152961068>

**RESUMO:** O mundo caminha em ritmo acelerado no consumo de recursos naturais não renováveis ocasionando diversos problemas ecológicos. As pesquisas sobre novas fontes de energia têm procurado reduzir a atual dependência em relação aos combustíveis fósseis, além de popularizar e difundir o uso de energias renováveis. O Brasil possui uma das melhores condições no mundo

para geração de energia solar e atualmente vem crescendo aqui a indústria fabricante de coletores solares. Entretanto, se os indicadores apresentados pelo país forem comparados com os de outros países líderes e pioneiros na implementação sustentável de energia solar, fica evidente que o nosso mercado e o potencial explorado ainda são ínfimos. Atualmente, esse tipo de energia apresenta limitações quando se pretende atingir temperaturas mais elevadas, restringindo sua viabilidade a aplicações de baixas e médias temperaturas. As superfícies seletivas surgem como alternativa para melhorar o desempenho dos coletores solares, aumentando a concentração de calor absorvido e diminuindo as perdas por emissão térmica, promovendo um acréscimo no ganho de energia desses equipamentos. Diante dessa realidade, o presente estudo busca estudar a fundo as aplicações e parâmetros radiativos nos revestimentos seletivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Radiação Térmica, Coletor Solar, Energias Renováveis, Superfícies Seletivas.

### Thermal Radiation on Selective Surfaces

**ABSTRACT:** The world is moving at a fast pace in the consumption of non-renewable natural resources, causing several ecological problems. Research on new sources of energy has sought to reduce the current dependence on fossil fuels, in addition to popularizing and spreading the use of renewable energies. Brazil has one of the best conditions in the world for generating solar energy and the solar collector manufacturing industry is

currently growing here. However, if the indicators presented by the country are compared with those of other leading and pioneering countries in the sustainable implementation of solar energy, it is evident that our market and the potential explored are still very small. Currently, this type of energy has limitations when it is intended to reach higher temperatures, restricting its viability to low and medium temperature applications. Selective surfaces appear as an alternative to improve the performance of solar collectors, increasing the concentration of heat absorbed and decreasing the losses by thermal emission, promoting an increase in the energy gain of this equipment. Given this reality, the present study seeks to thoroughly study the applications and radiative parameters in selective coatings.

**KEYWORDS:** Thermal Radiation, Solar Collector, Renewable energy, Selective Surfaces.

## 1 | INTRODUÇÃO

A maior parte da energia utilizada pela humanidade decorre do petróleo, do carvão natural, de fonte nuclear e de hidroelétricas. O uso de tais energias, em larga escala, tem alterado consideravelmente o clima, a composição da atmosfera e o balanço térmico global do planeta provocando poluição, chuvas ácidas, aquecimento global e degelo nos polos.

A crise do petróleo na década de 1970 fez com que a sociedade mundial começasse a se preocupar com o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, e com isso, surgiram as primeiras análises de impactos ambientais. O interesse na realização dessas análises apresentou variações ao longo dos anos, sendo reacendido na década de 1990 com a criação das normas ISO 14040 e as discussões ambientais ocorridas naquela época (RIBEIRO, 2011). Com isso, a necessidade de reduzir a dependência em relação aos combustíveis fósseis e contribuir para melhorar as condições ambientais do planeta fomentaram a busca por novas fontes de energia com um menor impacto ambiental, reduzindo a poluição atmosférica e as alterações do balanço térmico do planeta.

Atualmente, a energia solar tem sido utilizada em diversas aplicações, podendo ser destacado o aquecimento de água e a geração de vapor para utilização industrial. Para tanto, utilizam-se trocadores de calor especiais chamados de coletores solares para realizar o aquecimento do fluido pretendido. Dentre outros aspectos que reduzem a eficiência desses coletores, observa-se uma grande perda por emissão de radiação térmica, implicando em temperaturas de operação inferiores a 100°C e limitando sua aplicabilidade (KENNEDY, 2002). As superfícies seletivas constituem uma das alternativas encontradas para elevar a absorção de radiação e, principalmente, minorar as perdas por emissão térmica.

O revestimento superficial do material que absorve a radiação solar influencia diretamente na relação custo-benefício do equipamento (GOMES, 2001). Além de aumentar a eficiência dos coletores, os revestimentos superficiais possibilitam uma temperatura mais elevada na saída do equipamento, aumentando o horizonte de aplicações e diminuem sensivelmente a emissão de radiação térmica. O presente trabalho busca estudar a fundo as propriedades de Transferência de Calor por Radiação Térmica em Superfícies Seletivas.

## 2 | RADIAÇÃO SOLAR

A luz do sol está prontamente disponível e livre de tensões geopolíticas, além de não representar ameaça para o nosso meio ambiente. A Terra é essencialmente um enorme coletor que recebe grandes quantidades de energia solar que se manifestam em várias formas, como a luz solar direta usada para a fotossíntese das plantas, massa de ar aquecidas que causam vento e a evaporação dos oceanos resultando em chuva, que forma rios e fornece hidroelétricas. Este parâmetro se torna importante para um estudo comparativo entre o potencial existente e o quanto realmente é utilizado dessa quantidade de energia.

A energia irradia de um objeto para outro em todas as condições e todos os tempos (MODEST, 2013). A energia solar é transmitida principalmente para a Terra por ondas eletromagnéticas que também podem ser representadas por partículas (fótons). A fonte da radiação emitida é uma combinação de oscilações e transições eletrônicas e moleculares no material emissor, bem como vibrações de rede. Uma vez que a energia é irradiada, ela se propaga como uma onda eletromagnética, independentemente de haver vácuo ou matéria ao longo de seu caminho. A interação entre os órgãos emissores e absorventes através das ondas eletromagnéticas é a essência da transferência de energia radiativa.

A radiação térmica é caracterizada pela sua natureza espectral, ou seja, pela sua dependência em relação ao comprimento de onda, e pela natureza direcional, uma vez que uma superfície pode emitir preferencialmente em certas direções. Ainda, tanto a magnitude da radiação em qualquer comprimento de onda e a distribuição espectral variam com a natureza e a temperatura da superfície emissora como pode ser observado na Figura 1 (INCROPERA et al., 2008).

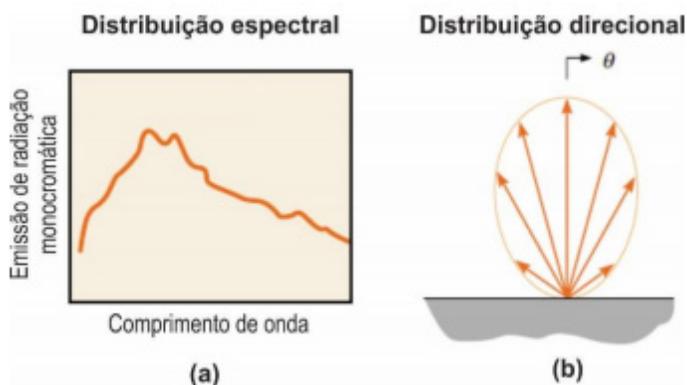


Figura 1. Radiação emitida por uma superfície. a) Distribuição espectral. b) Distribuição direcional.

Fonte – Silva (2017)

O objetivo geral nos cálculos de transferência radiativa é determinar a quantidade de energia deixando uma superfície e atingindo outra depois de viajar através de um espaço intermediário, que pode ser composto por partículas, gases, algum outro material ou vácuo. Essas partículas no meio também absorvem e emitem radiação (MODEST, 2013). Além disso, eles mudam a direção da energia radiativa devido à dispersão, o que desempenha um papel na diminuição ou aumento da quantidade de energia radiativa que se propaga ao longo de uma determinada direção.

A transferência radiativa é determinada após a contabilização de todos os efeitos direcionais, tornando a equação governante complicada. Além de que é preciso quantificar adequadamente as propriedades radiativas, incluindo os coeficientes de absorção, emissão e dispersão. Para isso é mostrado alguns conceitos de Radiação.

## 2.1 Ângulo Sólido

Considerando a energia radiativa espectral se propagando ao longo de uma direção  $S$  e incidente sobre um pequeno volume de controle  $dA$  em  $S(x, y, z)$ , como mostrado na Figura 2. Essa energia é confinada a uma pequena região cônica, que é chamada de ângulo sólido,  $\Omega$ .

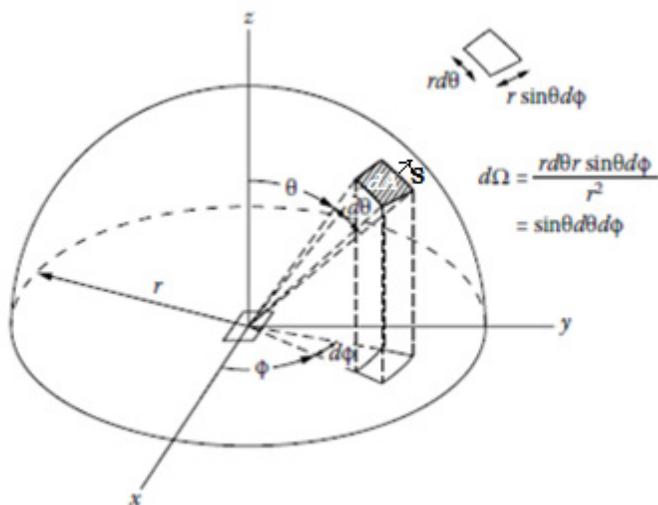


Figura 2. Definição de Ângulo Sólido

Fonte - Modest (2013).

O sentido é medido pelos ângulos zênite e azimutal  $\theta$  e  $\Phi$ , respectivamente, onde  $\theta$  é medido da direção normal para  $dA$ . A posição angular para  $\Phi = 0$  é arbitrária, mas

geralmente é medida a partir do eixo dos x. Por definição, um ângulo sólido em qualquer lugar acima dA é igual à área interceptada no hemisfério da unidade. Conforme mostrado na Figura 1, um elemento desta área hemisférica é dado por  $\sin\theta d\varphi d\theta$ .

## 2.2 Radiação do corpo negro

O corpo negro é definido como uma superfície ideal, uma superfície que serve como referencial, como um padrão de comparação para corpos radiantes reais por ser um corpo que absorve toda a energia incidente sobre ele (INCROPERA *et al.*, 2008).

Segundo estudos de Modest (2013), todo objeto a uma temperatura finita emite energia radiativa. Em princípio, a emissão de um determinado corpo é uma função das propriedades do material, da temperatura e da direção. Neste sentido, a energia solar fototérmica nada mais é do que a energia absorvida por um determinado corpo sob a forma de calor a partir da radiação solar, onde a energia cinética das partículas da superfície aumenta e por condução, através de todo o corpo, ocorre um incremento da temperatura do material.

Um corpo negro é uma superfície que é considerada como um emissor perfeito, ou seja, nenhum corpo emite mais radiação que um corpo negro; este absorve toda a energia radiante que chega até ele e também emite toda a radiação incidente, podendo-se concluir que os valores da absorvidade ( $\alpha$ ) e da emissividade ( $\varepsilon$ ) de um corpo negro são iguais, e estão expressados na Equação 1.

$$\alpha = \varepsilon = 1 \quad (1)$$

De acordo com Modest (2013), esta radiação emitida por um corpo negro independe da direção, se comportando como um emissor difuso perfeito.

Adiante, tem-se em consideração três expressões que descrevem a radiação emitida por um corpo negro: lei de Planck, lei de Stefan-Boltzmann e lei do deslocamento de Wien (CARAMALHO, 2012).

A lei de Planck expressa a distribuição do comprimento de onda da radiação emitida por um corpo negro. Max Planck propôs uma nova abordagem para a radiação eletromagnética, partindo do princípio que átomos emitem e absorvem radiação somente em determinadas quantidades discretas de energia (PHILLIPS, 2003). Os fótons apresentam comportamento espectral e a Equação 2 relaciona a energia dos fótons ( $e$ ) com o comprimento de onda ( $\lambda$ ) da radiação associada.

$$e = \frac{hc}{\lambda} \quad (2)$$

A energia total emitida por um corpo negro pode ser obtida por integração para todos os comprimentos de onda, como mostrado na Equação 3. A lei de Stefan-Boltzmann relaciona a potência emissiva de um corpo negro ( $E_b$ ) com a quarta potência da temperatura.

$$E_b = \int_0^{\infty} E_{b\lambda} d\lambda = \sigma T^4 \quad (3)$$

Onde:

$\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann e é igual a  $5,66 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ .

A intensidade da radiação emitida por um corpo negro tem caráter espectral e tem sua distribuição dada pela lei de Planck, como pode-se observar na Equação 4. O comprimento de onda que corresponde à máxima potência emissiva e a temperatura são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a temperatura ou a energia do corpo negro menor será o comprimento de onda da luz emitida por ele. Isto é expresso pela Lei do deslocamento de Wien, como observa-se na Equação 5 (INCROPERA et al., 2008).

$$E_b(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5 \left[ \exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]} \quad (4)$$

Onde:

$I_b(\lambda, T)$  é a distribuição espectral da radiação emitida por um corpo negro. Sendo  $c_1 = 3,7405 \times 10^8 \text{ W}\mu\text{m}^4\text{m}^{-2}$  e  $c_2 = 1,43879 \times 10^4 \mu\text{mK}$ , as constantes da radiação de Planck.

$$\lambda_{m\acute{a}x} T = C_3 \quad (5)$$

Sendo  $\lambda_{m\acute{a}x}$  (em m) o comprimento de onda correspondente à emissão máxima, T (em K) a temperatura do corpo negro e  $C_3$  é uma constante que vale  $2898 \mu\text{m}\cdot\text{K}$ .

### 3 I PROPRIEDADES RADIATIVAS DE SUPERFÍCIES REAIS

A maneira como a radiação interage com materiais sólidos depende tanto do tipo de radiação envolvida nessa interação como das características a nível atômico desses materiais. Para avaliar o comportamento óptico de um material sólido em relação a uma faixa específica do espectro eletromagnético de radiação (a radiação solar, por exemplo) é preciso definir grandezas físicas mensuráveis que quantificarão a resposta desse material a essa radiação (SILVA NETO, 2017). Tais grandezas são chamadas de propriedades ópticas dos materiais e são agrupadas em quatro tipos: absorvidade, refletividade, transmissividade e emissividade.

#### 3.1 Absortividade, Refletividade e Trasmisividade

As propriedades de superfície constituem-se em um importante parâmetro para a determinação da seletividade de absorvedores de radiação solar. De maneira geral, a radiação térmica incidente (G) deve ser refletida para fora do meio, absorvida no interior da camada ou transmitida através da superfície, conforme esquematizado na Figura 3.

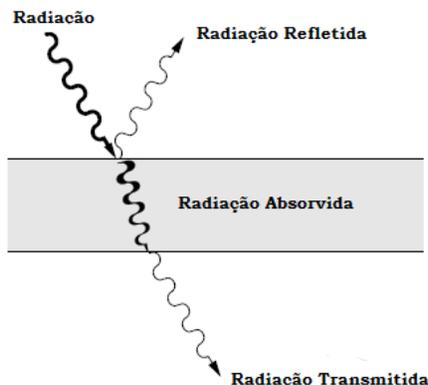


Figura 3. Absortividade, refletividade e transmissividade da radiação.

Fonte - Modest (2013).

A energia radiante está sujeita a perdas por convecção devido aos fluidos sejam eles líquidos ou gasosos. A parcela correspondente à energia de radiação que atinge uma superfície pode ser decomposta na soma da energia absorvida ( $\alpha$ ), da energia transmitida ( $\tau$ ) e da energia refletida ( $\rho$ ), conforme a Equação 6.

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (6)$$

Considerando uma troca de calor entre um pequeno corpo opaco ( $\tau = 0$ ) e sua vizinhança, sob condições de equilíbrio térmico a uma temperatura  $T$  (K) e considerando a lei de Kirchhoff, a equação anterior pode ser escrita como a Equação 7.

$$\alpha = \varepsilon = 1 - \rho \quad (7)$$

Quando se considera troca de calor entre corpos, existem três formas de perda de energia: ser refletida, ser transmitida e ser emitida. Logo, existe uma relação entre as propriedades emissividade, refletividade e transmissividade, no qual é representada na Equação 8.

$$\varepsilon + \tau + \rho = 1 \quad (8)$$

A absortividade hemisférica total ( $\alpha$ ) representa uma média integrada tanto na direção como no comprimento de onda. É definida como a fração da irradiação total absorvida por uma superfície, como observado na Equação 9.

$$\alpha \equiv \frac{G_{\text{absorvida}}}{G} \quad (9)$$

A absorção térmica é manifestada quando parte da energia radiante é absorvida sob forma de calor e a emissividade irá fornecer uma medida de quanto a superfície se aproxima de um corpo negro, para o qual  $\varepsilon = 1$  (MALISKA, 2004).

A refletividade  $\rho$  é uma propriedade que define a fração da radiação térmica incidente que é refletida por uma superfície, ou seja, a razão entre a energia refletida e a

energia incidente. As propriedades reflexivas de uma superfície são mais complicadas de especificar do que a emissividade ou absorvidade. Isso ocorre porque a energia refletida depende não apenas do ângulo em que a energia incidente incide sobre as superfícies, mas também da direção que está sendo considerada para a energia refletida (HOWELL *et al.*, 2016). A refletividade hemisférica total ( $\rho$ ) é então definida na Equação 10.

$$\rho \equiv \frac{G_{refletida}}{G} \quad (10)$$

Segundo Gomes (2001), a refletividade pode ser especular ou difusa. A refletividade espectral ocorre quando a luz incide em superfícies lisas e é refletida em uma direção. A refletividade difusa ocorre quando a luz incide em superfícies porosas ou onduladas e é refletida em todas as direções.

Um material semitransparente possui interações complexas com a energia radiante (MODEST, 2013). Embora o tratamento da resposta de um material semitransparente à radiação incidente seja um problema complicado, a transmissividade total ( $\tau$ ) pode ser expressa de acordo com a Equação 11.

$$\tau \equiv \frac{G_{transmitida}}{G} \quad (11)$$

### 3.2 Emissividade

A emissividade é a capacidade do corpo irradiar o calor absorvido. O corpo negro, que é um emissor perfeito, apresenta emitância igual a 1. A emissividade térmica ( $\varepsilon$ ) a uma dada temperatura ( $T$ ) pode ser calculada a partir da refletividade ( $\rho$ ) na forma de para uma determinada faixa do comprimento de onda ( $\lambda$ ) no infravermelho (KENNEDY, 2002). O cálculo da emitância térmica é representado pela Equação 12.

$$\varepsilon(T) = \frac{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} [1 - \rho(\lambda, T)]_x B(\lambda, T) d\lambda}{\sigma T^4} \quad (12)$$

Onde,  $\sigma$  seria a constante de Stefan-Boltzmann e  $B(\lambda, T)$  é a intensidade da radiação espectral do corpo negro pela lei de Planck, conforme descrita na Equação 4. A Figura 4 ilustra a distribuição de Planck para diferentes temperaturas.

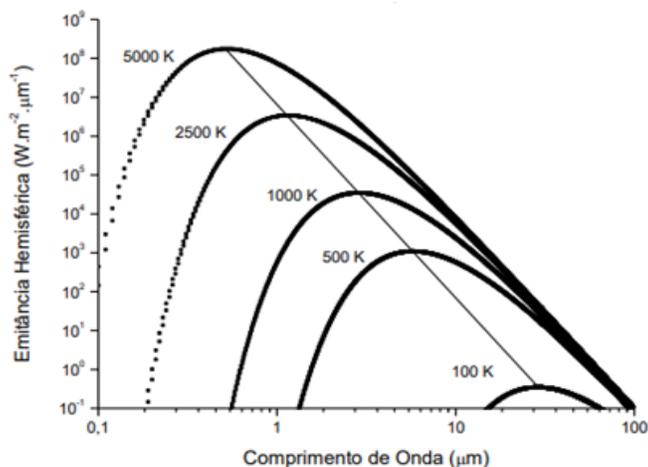


Figura 4. Emitância hemisférica do corpo negro em diferentes temperaturas.

Fonte - Martins (2010).

A emissividade de um sólido é definida como sendo a razão entre a radiação emitida pelo sólido e a radiação emitida por um corpo negro à mesma temperatura. De acordo com Silva Neto (2017), para o cálculo dessa propriedade na faixa do infravermelho do espectro, basta somar as contribuições em cada comprimento de onda, conforme mostrado na Equação 13.

$$\varepsilon = \frac{\int_{2500}^{100000} \varepsilon_{\lambda} B(\lambda, T) d\lambda}{\int_{2500}^{100000} B(\lambda, T) d\lambda} \quad (13)$$

Onde  $\varepsilon_{\lambda}$  é a emissividade espectral do sólido,  $B(\lambda, T)$  a radiação espectral do corpo negro a uma dada temperatura e  $\varepsilon$  é a emissividade hemisférica total do sólido.

Vale salientar que conforme mostrado por Incropera e demais autores (2008) e também por Çengel (2012), as propriedades ópticas dos materiais apresentam também um comportamento que varia com a direção, e as integrais mostradas nas equações deveriam ser triplas considerando também as direções azimutal e zenital. Porém, considera-se que as medições dessas propriedades geralmente são realizadas com o auxílio de Esferas Integradoras com relação à direção, o que significa que os valores de radiação são integrados no próprio equipamento antes da medição ser realizada.

#### 4 | SUPERFÍCIE SELETIVA

O componente fundamental de um coletor plano é a placa absorvedora. Esta consiste numa chapa metálica com uma absorvidade elevada, ou seja, uma chapa que

apresenta boas características de absorção de calor, com revestimento preto-baço ou com revestimento seletivo e tubos de transferência de calor ligados ao coletor. Desta forma, quando a radiação solar atinge o absorvedor esta é parcialmente absorvida e parcialmente refletida. Da absorção da radiação é gerado calor, que é transferido da chapa metálica para os tubos ou canais de escoamento. Através desses tubos de escoamento, o fluido de transferência térmica transporta o calor para os tanques de armazenamento.

A exigência principal de um excelente revestimento para absorção solar é a seletividade espectral. Uma superfície cujas propriedades ópticas de absorvidade, refletividade e emissividade variam nas regiões da radiação solar e da radiação infravermelha térmica é chamada de superfície seletiva espectral.

A Figura 5 mostra a superfície de um coletor solar com superfície seletiva. No processo de captação de energia, o sistema superfície seletiva-coletor absorve a radiação solar de curto comprimento de onda, emitindo radiação térmica de maior comprimento de onda.

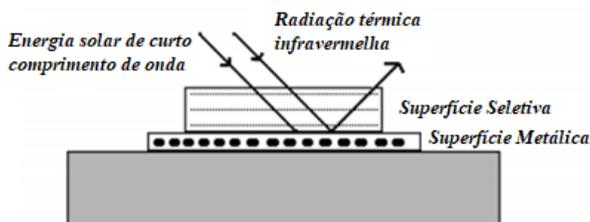


Figura 5. Esquema da radiação incidente em uma superfície seletiva.

Fonte - Agnihotri; Gupta (1981 apud GOMES, 2001).

A seletividade óptica de uma superfície absorvedora varia em virtude do comprimento de onda da radiação incidente. Pode-se definir uma superfície seletiva ideal como aquela à qual a absorvidade pode ser representada através de uma função degrau onde o valor máximo ocorre no comprimento de onda na região do visível e o valor mínimo ocorre na região do infravermelho.

## 5 | CONCLUSÕES

Uma das formas de reduzir a dependência de combustíveis fósseis é a utilização da energia solar, por meio de conversão térmica. Coletores solares dos tipos: placa plana, concentrador e tubo evacuado captam a radiação solar através da região espectral absorvedora e a transformam em energia térmica. Essa região espectral absorvedora pode ser obtida por uma superfície preta ou uma superfície seletiva, sendo esta última mais eficiente.

Em aplicações práticas na geração de energia solar térmica, para utilização de uma superfície seletiva, é necessário o conhecimento das propriedades radiativas do material a ser aplicado, a fim de conduzir a placa absorvedora à absorver bem a radiação no espectro solar (ultravioleta e visível) e, ao mesmo tempo, tenha uma baixa emissividade no infravermelho.

O revestimento de superfícies absorvedoras tem a função de aumentar a eficiência do equipamento e fazer com que o mesmo atinja temperaturas de estagnação maiores, o que não ocorre com equipamentos sem a seletividade. Portanto, para um desempenho máximo de coletores solares térmicos, a absorção deverá ser máxima e a emitância de infravermelho deve ser mínima.

## REFERÊNCIAS

CARAMALHO, A. **25 anos em termografia**. 1. ed. Portugal: Bubok. ISBN: 9789899779204. 2012.

ÇENGEL, Y.A. **Transferência de Calor e Massa – Uma abordagem prática**. McGraw Hill, São Paulo, 4ª ed., 2012.

GOMES, C. A. S., **Estudo Comparativo de Superfícies Seletivas para Coletores Solares**. Tese (Doutorado). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2001.

HOWELL, J. R.; MENGÜÇ, M. P.; SIEGEL, R. **Thermal radiation heat transfer**. 6. ed. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group. ISBN: 978-1-4987-5774-4. 2016.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

KENNEDY, Cheryl E. **Review of mid-to high-temperature solar selective absorber materials**. National Renewable Energy Lab., Golden, 2002.

MALISKA, C. R. **Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional**. Rio de Janeiro: LCT, 2004.

MODEST, Michael F. **Radiative Heat Transfer**. Academic Press. 3rd Edition, 2013.

PHILLIPS, A.C. **Introduction to Quantum Mechanics**. John Wiley & Sons LTD, 2003.

RIBEIRO, M. A. J. **Aplicação da avaliação do ciclo de vida na busca de ecoeficiência na fabricação de Paes de forma**. Dissertação de Mestrado. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, 2011.

SILVA, J. F. **Estudo do mapeamento térmico das mãos para o auxílio ao diagnóstico da LER**. 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

SILVA NETO, J.F. **Desenvolvimento de Superfícies Seletivas para Coletores Solares com Deposição Multicamadas de Cr e SiO<sub>2</sub>**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

## 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

  
Ano 2020