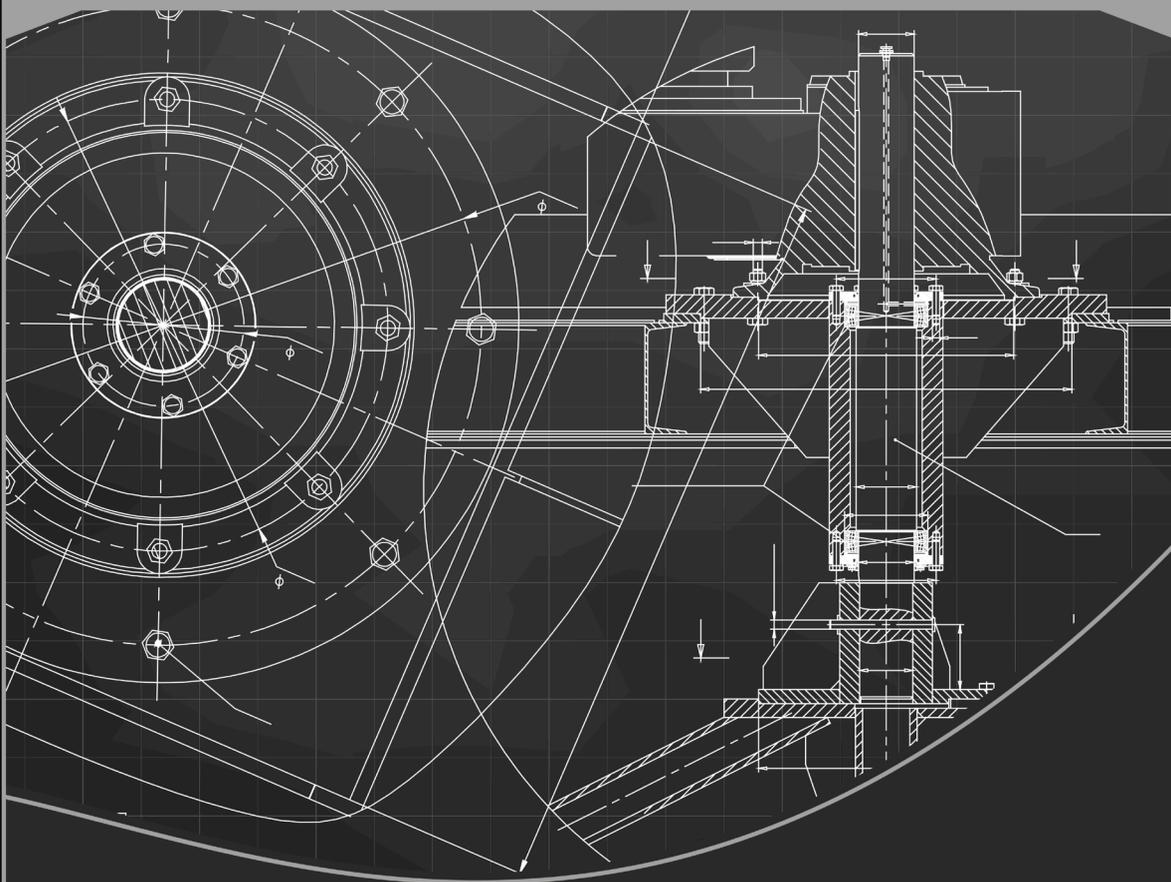


# Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas  
e motores no cotidiano do homem

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

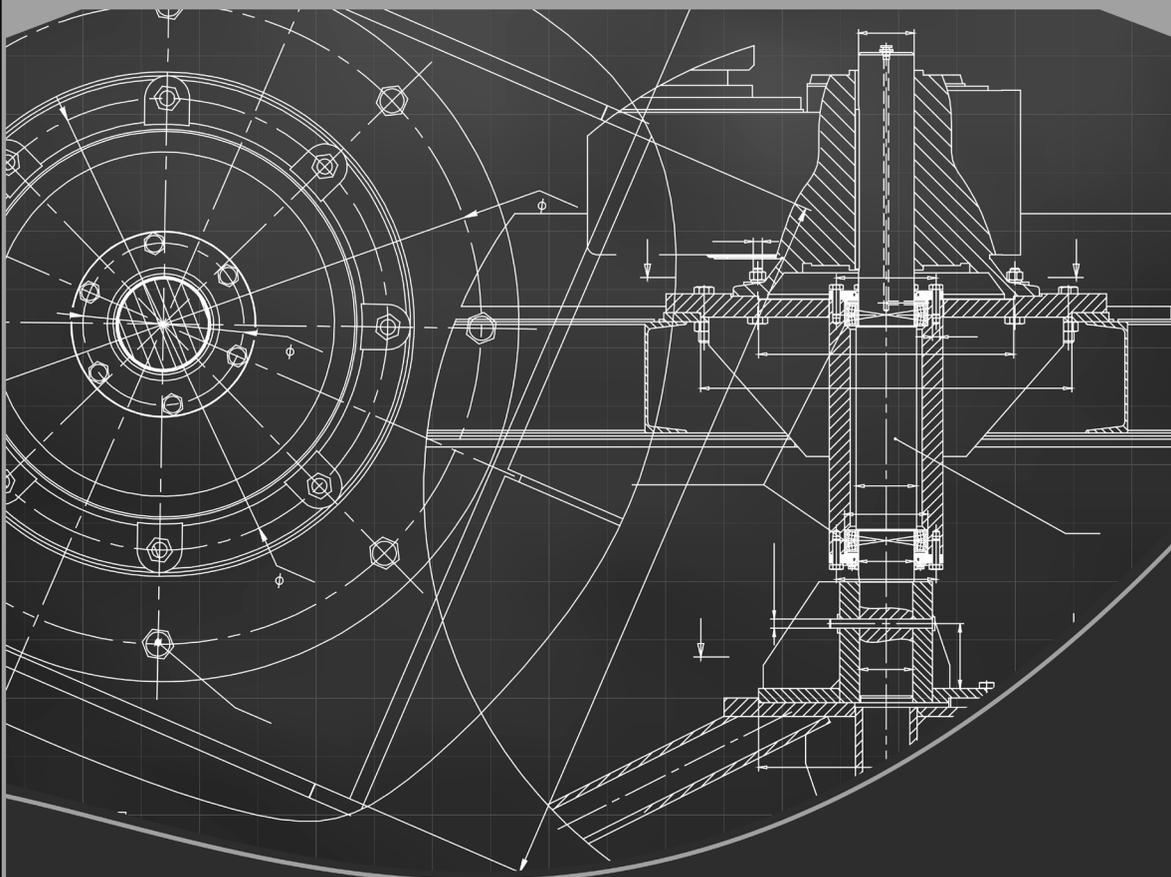
Ano 2021

# Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas  
e motores no cotidiano do homem

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – 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 Internazionale 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  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
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  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
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  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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 Miraniide 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. 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  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
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  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio 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/UFGA  
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Livia 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
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  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
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

# Engenharia mecânica: a influência de máquinas, ferramentas e motores no cotidiano do homem 2

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia mecânica: a influência de máquinas, ferramentas e motores no cotidiano do homem 2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-117-3

DOI 10.22533/at.ed.173211806

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

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## 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. O aumento no interesse por essa área se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral.

Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas, reduzindo o tempo de execução e a utilização de materiais.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica e materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas.

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. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE BANANEIRA COM RESINA SINTÉTICA EM COMPÓSITOS**

Rúi Carlos de Sousa Mota

José Ubiragi de Lima Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.1732118061**

### **CAPÍTULO 2..... 18**

#### **CARACTERIZAÇÃO DA BORRA DE PIAÇAVA (*ATTALEA FUNIFERA*) PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES**

Alexandre Silva de Moraes

Vitor da Silva Lacerda

Alberto Matheus Freitas Oliveira

Ana Claudia Rangel da Conceição

Carlos Alberto França Junior

Victor Antunes Silva Barbosa

Mirtânia Antunes Leão

**DOI 10.22533/at.ed.1732118062**

### **CAPÍTULO 3..... 34**

#### **STRUCTURAL OPTIMIZATION OF A NOSE LANDING GEAR FOR CESSNA 172 AIRPLANE**

Raphael Basilio Pires Nonato

Alexander Dias Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.1732118063**

### **CAPÍTULO 4..... 49**

#### **AVALIAÇÃO DO GRAU DE SENSITIZAÇÃO E O APARECIMENTO DE FASES INTERMETÁLICAS EM TRECHO DE TUBULAÇÃO DE FORNO DE COQUEAMENTO RETARDADO**

Thiago Batista David

Erike Wilker Arruda Figueredo

Fillipe Stephany de Souza Virgolino

Luiz Adeildo da Silva Junior

Moisés Euclides da Silva Junior

**DOI 10.22533/at.ed.1732118064**

### **CAPÍTULO 5..... 60**

#### **FABRICAÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO AA7013 ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE METALURGIA DO PÓ**

Enéas Carlos de Oliveira Silva

Eduardo José Silva

Thiago Batista David

Moisés Euclides da Silva Junior

Oscar Olimpio de Araujo Filho

**DOI 10.22533/at.ed.1732118065**

**CAPÍTULO 6..... 78**

**FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO AA7009 ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE METALURGIA DO PÓ**

Enéas Carlos de Oliveira Silva  
Eduardo José Silva  
Thiago Batista David  
Moisés Euclides da Silva Junior  
Oscar Olimpio de Araujo Filho

**DOI 10.22533/at.ed.1732118066**

**CAPÍTULO 7..... 96**

**FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO AA8011 ATRAVÉS DAS TÉCNICAS DE METALURGIA DO PÓ**

Sandra Torres Zarzar  
Diogo Monteiro do Nascimento  
José Endreo Baracho da Costa  
Moisés Euclides da Silva Junior  
Oscar Olimpio de Araujo Filho

**DOI 10.22533/at.ed.1732118067**

**CAPÍTULO 8..... 111**

**METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DE SOLDAGEM EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS**

Wagner Gutemberg Cavalcanti da Silva  
Felipe Leandro dos Santos  
Helen Rodrigues Araújo  
Marcio Rolemberg Freire  
Moisés Euclides da Silva Junior

**DOI 10.22533/at.ed.1732118068**

**CAPÍTULO 9..... 126**

**APLICAÇÃO DE MQL NO TORNEAMENTO DO AÇO SAE 4340 COM INSERTO DE METAL DURO TEXTURIZADO A LASER E REVESTIDO DE TiAIN**

Rhander Viana  
Milton Sérgio Fernandes de Lima  
Paulo Vinícius da Silva Resende

**DOI 10.22533/at.ed.1732118069**

**CAPÍTULO 10..... 142**

**ESTUDO DO GRADIENTE DE TEMPERATURA DURANTE O FRESAMENTO DO AÇO AISI 4340 UTILIZANDO O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS**

Nicollas Vivaldini  
Rodrigo Henriques Lopes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.17321180610**

**CAPÍTULO 11 ..... 150**

**IDENTIFICAÇÃO DO MOMENTO IDEAL DE TROCA DE FERRAMENTAS DE CORTE ATRAVÉS DO MONITORAMENTO DO DESGASTE POR SINAL DE VIBRAÇÃO E**

## **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Lucas Costa Brito

Márcio Bacci da Silva

Marcus Antonio Viana Duarte

**DOI 10.22533/at.ed.17321180611**

## **CAPÍTULO 12..... 165**

### **METROLOGIA PARA ENGENHARIAS: CONSTRUÇÃO DE UM PROJETO METROLÓGICO PARA APLICAÇÃO DE CONCEITOS**

Lisiane Trevisan

Daniel Antonio Kapper Fabricio

**DOI 10.22533/at.ed.17321180612**

## **CAPÍTULO 13..... 175**

### **POTENCIAL ECONÔMICO E ENERGÉTICO DO APROVEITAMENTO DO CALOR REJEITADO POR CONDICIONADORES DE AR**

David Coverdale Rangel Velasco

José Alexandre Tostes Linhares Júnior

Felipe Perissé Duarte Lopes

Carlos Maurício Fontes Vieira

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.17321180613**

## **CAPÍTULO 14..... 184**

### **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO REGIME DE TRABALHO DE REFRIGERADOR DE GRÃOS INTEGRADO A TUBOS CANADIANOS**

Eduarda Silva Costa

Matheus Júnio Souza da Silva

Ramiro de Matos Bertolina

Thiago Ferreira Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.17321180614**

## **CAPÍTULO 15..... 193**

### **DIMENSIONAMENTO DE CARGA TÉRMICA DE CONDICIONARES DE AR NO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO COMPARATIVO ENTRE A NR 17 E NBR 16401**

David Coverdale Rangel Velasco

José Alexandre Tostes Linhares Júnior

Márcio Paulo Bonifácio das Neves

André Luiz Vicente de Carvalho

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.17321180615**

## **CAPÍTULO 16..... 205**

### **AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO NO INTERIOR DE UM VEÍCULO AUTOMOTOR PERTENCENTE À FROTA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO NO MUNICÍPIO DE CUIABÁ-MT**

Roberta Daniela de Souza

Marcelo Dias de Souza

Jonathan Willian Zangeski Novais

**DOI 10.22533/at.ed.17321180616**

**CAPÍTULO 17..... 211**

**AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE UM VEÍCULO BAJA**

Arthur Barroso Costa

João Lucas Moura Ferreira

Igor Antunes Ferreira

Luiz Gustavo Monteiro Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.17321180617**

**CAPÍTULO 18..... 234**

**UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DO USO DA AUTOMAÇÃO NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL**

Igor Moreno Mamedes

Andrea Teresa Riccio Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.17321180618**

**CAPÍTULO 19..... 245**

**PRINCIPAIS PARÂMETROS DE DESEMPENHO EMPREGADOS PELAS EMBARCAÇÕES DE PEQUENO PORTE MOVIDAS A ENERGIA FOTOVOLTAICA NO DESAFIO SOLAR BRASIL**

David Coverdale Rangel Velasco

Valter Luís Fernandes de Sales

**DOI 10.22533/at.ed.17321180619**

**CAPÍTULO 20..... 255**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL**

David Coverdale Rangel Velasco

Elivandro Tavares Lôbo

Welder Azevedo Santos

Wagner Vianna Bretas

Rodrigo Martins Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.17321180620**

**CAPÍTULO 21..... 268**

**SINTONIA DE CONTROLADORES DE TEMPERATURA COM REDES NEURAIS**

Tiago Luís Andrade Pereira

Anderson Daleffe

**DOI 10.22533/at.ed.17321180621**

**CAPÍTULO 22..... 284**

**COMPARISON OF STRAIN AND LOAD OBTAINED VIA STRAIN GAGE BY WIRE AND WIRELESS TRANSMISSIONS**

Raphael Basilio Pires Nonato

Luiz Carlos Gomes Sacramento Júnior

Leonardo Ferreira Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.17321180622**

<b>CAPÍTULO 23.....</b>	<b>300</b>
<b>SISTEMA AUTOMATIZADO DESTINADO À ALIMENTAÇÃO DE ANIMAIS DE PEQUENO PORTE</b>	
Eliezer Silva Bonfim de Jesus	
Guilherme de Souza Carneiro Meireles	
Josedacson Barbosa de Lacerda	
Kevin Ruan dos Reis Oliveira	
Rúi Carlos de Sousa Mota	
<b>DOI 10.22533/at.ed.17321180623</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>307</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>308</b>

## VIABILIDADE ECONÔMICA DA ENERGIA FOTVOLTAICA RESIDENCIAL

*Data de aceite: 01/06/2021*

*Data de submissão: 01/03/2021*

### **David Coverdale Rangel Velasco**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense  
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/9356476964884212>

### **Elivandro Tavares Lôbo**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense  
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/3664388491683265>

### **Welder Azevedo Santos**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense  
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/8847175700677292>

### **Wagner Vianna Bretas**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense  
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/0842599717842402>

### **Rodrigo Martins Fernandes**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense  
Campos dos Goytacazes - Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/9013009708304943>

**RESUMO:** A utilização da radiação solar como fonte de energia já é uma realidade no Brasil e no mundo. Seja como fonte de energia térmica

ou fotovoltaica sua utilização vem crescendo, mesmo que necessite de altos investimentos iniciais. Este trabalho avalia a viabilidade da utilização de módulos fotovoltaicos em residências, considerando seus custos de manutenção, substituição, aquisição e a economia fornecida. A simulação considerou um consumidor residencial padrão localizado no estado do Rio de Janeiro, sendo a faixa estudada de 250 a 750 kWh. A análise de investimento lançou mão dos seguintes métodos: Taxa Interna de Retorno (TIR) anual, Valor Presente Líquido (VPL) específico e PayBack (PB) Descontado, sendo adotada uma taxa de desconto de 10,25% ao ano. Foram produzidos três gráficos que demonstram a variação destes indicadores em função do consumo mensal. Observou-se que a viabilidade de investimento aumenta conforme o consumo, especialmente para valores acima de 580 kWh. A partir deste valor todos os indicadores financeiros possuem menor taxa de variação em função do consumo. O motivo deste comportamento é que não há mais mudança nas alíquotas de impostos e a tendência redução da variação do custo do kWh do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise de investimento, energia solar, sistemas fotovoltaicos.

### ECONOMIC VIABILITY OF RESIDENTIAL PHOTOVOLTAIC ENERGY

**ABSTRACT:** The use of solar radiation as an energy source is already a reality in Brazil and worldwide. Whether as a source of thermal or photovoltaic energy, its use has been growing, even though it requires high initial investments. This work evaluates the feasibility of using

photovoltaic modules in homes, considering their maintenance, replacement, acquisition costs and the savings provided. The simulation considered a standard residential consumer located in the state of Rio de Janeiro, the range being studied from 250 to 750 kWh. The investment analysis used the following methods: Annual Internal Rate of Return (IRR), specific Net Present Value (NPV) and PayBack (PB) Discounted, adopting a discount rate of 10.25% per year. Three graphs were produced showing the variation of these indicators according to monthly consumption. It was observed that the investment viability increases according to consumption, especially for values above 580 kWh. From this value on, all financial indicators have a lower rate of change depending on consumption. The reason for this behavior is that there is no more change in the taxes rates and the tendency to reduce the variation in the system's kWp cost.

**KEYWORDS:** Investment analysis, solar energy, photovoltaic systems.

## 1 | INTRODUÇÃO

Seja energia muscular ou cinética, desde os tempos mais antigos a energia já era utilizada. Contudo, o surgimento e evolução da indústria, bem como o crescimento da população resultaram numa maior demanda energética global. As máquinas que substituíam grande parte dos esforços humanos, agora necessitavam de grandes quantidades de energia e em alguns países, como a Alemanha, em outrora estavam com sua matriz energética associada especialmente associadas a madeira. Contudo novas fontes de energias foram surgindo e ganhando o espaço ocupado pela anterior por motivos econômicos e ambientais (CARVALHO, 2014).

Em meados do século XIX, Becquerel, A. E. descobriu o efeito fotovoltaico (FV), que somado à outras pesquisas, permitiu a criação das células FV no final XIX, contudo ainda inviável economicamente. Embora o petróleo e gás natural, sejam poluentes e não renováveis, eles podem ser facilmente transportados enquanto possuem uma grande densidade energética e baixo custo. Esse fato proporciona uma vantagem em relação a energia solar, contudo a energia FV vem se tornando cada vez mais competitiva (CARVALHO, 2014; CRESESB/CEPEL, 2004).

Ademais, o potencial de geração de energia aumenta conforme se aproxima da linha do equador, onde recebe 150% mais de energia quando comparado a regiões ao ponto de máxima latitudes elevadas (COMETTA, 2004). Desta forma países, como o Brasil, que estão próximo a linha do equador recebem grandes quantidades de radiação solar, o que facilita a geração de mais energia com menores custos e área demandada, sendo o seu desafio controlar o calor que é reduz a quantidade de energia produzida.

O Brasil possui como principal fonte de produção de energia hidrelétrica sendo complementada por usinas termoelétricas. Desta forma, na ausência de chuvas e/ou crescimento da demanda de energia se aciona um número maior de termoelétricas, o que resulta num aumento de custo de energia e emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE),

como o Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A construção de novas hidroelétricas é afetada por questões ambientais e sociais, sendo assim necessário analisar outros meios de produzir energia (ROSA, 2007).

O Brasil possui um grande potencial de geração de energia FV, mas isso não significa que qualquer aplicação é vantajosa. Existem valores mínimos de energia a serem pagos, variação da alíquota de imposto de acordo com a quantidade de energia consumida, influência das condições de geração de energia (bandeira tarifária), entre outros fatores que influenciam na viabilidade do investimento. Este trabalho visa analisar a viabilidade da produção de energia fotovoltaica em residências, bem como a influência do consumo mensal na mesma.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho teve inspiração a pesquisa de Ferreira *et al.* (2013). Nela foi desenvolvida uma planilha que permitia estimar custos de acordo com valores informados por uma empresa. Contudo, a finalidade deste trabalho é diferente.

A metodologia deste trabalho consiste em utilizar de projetos reais, realizados segundo semestre de 2019, para estimar o custo de projeto, permitindo assim construir gráficos de viabilidade econômica por meio de planilhas eletrônicas. Assim, foram criados gráficos que demonstram a variação de três dos principais métodos matemáticos de análise de investimentos em função do consumo de uma residência, são eles: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e PayBack (PB) Descontado.

### 2.1 Cenário simulado

O procedimento para acesso a micro e minigeração são descritos no Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), assim como os formulários necessários para tal. Suas etapas e respectivos prazos são apresentados na Figura 1, onde as etapas de responsabilidade do consumidor estão em azul e as da distribuidora em vermelho. Dentre os prazos, a emissão do parecer de acesso se destaca como variável, pois pode dobrar quando o sistema de distribuição necessitar de obras de melhorias ou reforço (ANEEL, 2017).

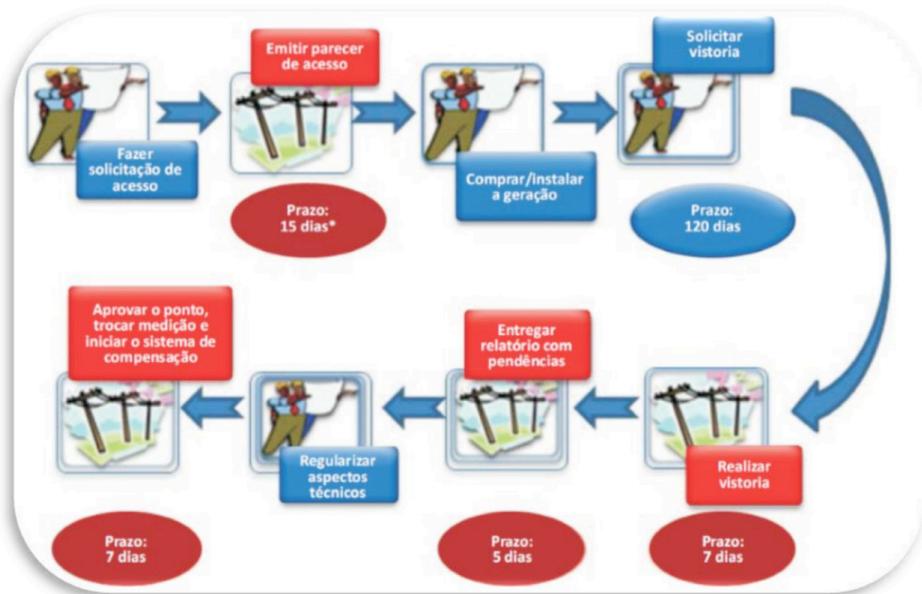


Figura 1. Etapas e prazos do procedimento de acesso.

Fonte: ANEEL (2016).

De forma conservadora, foi considerado neste trabalho que o tempo entre o pagamento do serviço e sua finalização é de dois meses. Após estes dois meses, foi simulado um período de 15 anos, com decaimento anual de 0,8% na eficiência dos módulos, máximo segundo a garantia do fabricante, num cenário sem a necessidade de substituição de equipamentos, um dos utilizados por Dantas e Pompermayer (2018), resultando assim num fluxo de caixa convencional. Considerou-se também um custo de 1% do valor do sistema solar com manutenção e operação estimado por Nakabayashi (2015).

A produção de energia efetiva de um módulo é dependente da incidência solar que assim como tarifas cobradas variam de acordo com o ambiente. Desta forma, ao realizar o estudo foi necessário realizar um recorte geográfico, sendo neste trabalho estudada a região norte fluminense do estado do Rio de Janeiro sob concessão da distribuidora de energia ENEL.

A tarifa básica, sem impostos, da ENEL para o grupo B1, residencial normal, é de R\$ 0,68367/kWh na bandeira verde, R\$ 0,69710/kWh na bandeira amarela, R\$ 0,72536/kWh vermelha patamar 1 e R\$ 0,74610/kWh no patamar 2; sendo necessário acrescentar o valor dos impostos (ANEEL, 2020). Neste trabalho, considerou-se como tarifa básica uma média ponderada do valor das atuais tarifas básicas para cada bandeira possuindo como peso a quantidade de meses que cada uma ficou vigente desde de a concepção do modelo atual (fevereiro de 2016) a junho de 2020.

Os impostos incidentes sobre a tarifa são: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS). O ICMS é um imposto estadual que para o consumidor residencial, no estado do Rio de Janeiro, varia de 0% a 32% de acordo com o consumo, conforme a Tabela 1. Já o PIS e COFINS são impostos federais que não podem ser previstos com antecedência ou vinculados ao valor de uma variável. Assim, estimou-se neste trabalho o valor do PIS e COFINS como a média dos valores praticados ao longo de 2019.

<b>Faixa</b>	<b>Alíquota</b>
<b>0 a 50 KWh</b>	0%
<b>51 a 299 kWh</b>	18%
<b>300 a 450 kWh</b>	31%
<b>450kwh ou superior</b>	32%

Tabela 1. Alíquotas de ICMS do estado do Rio de Janeiro incidentes sobre a energia elétrica.

Fonte: Rio de Janeiro (1996, 2002, 2017).

O América do Sol é um programa do Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (IDEAL) em parceria com a Cooperação Alemã para o desenvolvimento sustentável (AMERICA DO SOL, 2020). Dentro das diversas ferramentas disponíveis neste programa, está um simulador de Solar que, dentre outras informações, fornece a quantidade de energia produzida por Wp dos módulos solares ao longo do ano de acordo com a localização informada. Esse valor é válido para módulos de silício policristalino, voltadas para o norte com inclinação correspondente a latitude da região solicitada. Assim, como o módulo simulado é deste material e as demais premissas do programa estão em conformidade com os objetivos deste trabalho, serão utilizados tais dados (1,353 kWh/Wp). Assim constituem-se parte dos cenários do trabalho que os módulos estarão com a inclinação correspondente a latitude e orientação ao norte.

Segundo ANEEL (2015), existe uma taxa mínima de disponibilidade do sistema elétrico a ser paga pelo consumidor de acordo o sistema (monofásico, bifásico e trifásico). Como esse valor não pode ser deduzido pela energia produzida ele influencia no cálculo da viabilidade. Neste trabalho simulou-se considerando um sistema bifásico, pois o valor da taxa mínima é intermediário (50kWh).

Por fim, o consumo e a produção de energia não são constantes ao longo do ano, sendo possível estimar o consumo baseado num histórico pessoal e a produção de energia histórico da região. Contudo, de forma a simplificar está análise os cálculos foram realizados com baseado no montante anual considerando que não haveria produção excedente.

## 2.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL representa o somatório dos fluxos de caixas descontados de uma determinada taxa, no instante inicial. Isto é; soma-se os valores de entrada e saída divididos pela taxa que deve ser elevada a quantidade de períodos que está distante. Seu valor indica o quanto que o investimento remunera a mais ou a menos que a taxa remuneraria em um valor presente. A Figura 2 representa uma relação entre o valor presente investido e o valor futuro do mesmo (SOUZA e CLEMENTE, 2008).

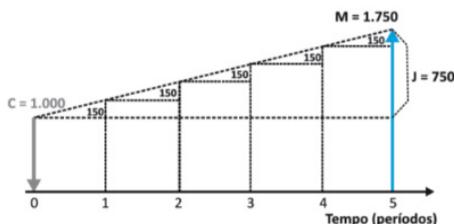


Figura 2. Representação do valor futuro (M) necessário para remunerar um capital (C) investido cinco períodos antes dado um juro (J). Fonte: PUCCINI (2011).

Neste trabalho, é necessário comparar diferentes valores de VPL e investimento. Para tal foi utilizada uma razão entre VPL e o valor investido, denominada aqui como VPL específico.

## 2.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

TIR representa qual a taxa de desconto que tornaria o VPL de um investimento nulo. Seu cálculo manual é realizado por métodos numéricos e normalmente utilizam-se de calculadoras financeiras ou planilhas eletrônicas, para determinar o seu valor de maneira mais fácil (PUCCINI, 2011). O número máximo de raízes de uma função é a quantidade de vezes que ela muda de sinal. Assim, em projetos com fluxo de caixa não convencionais, quando há mais de uma mudança de sinal, é possível identificar mais de uma TIR e tal fato dá uma superioridade teórica do VPL (GITMAN, 2010).

## 2.4 PayBack (PB)

O tempo de retorno de um investimento é denominado como PB. Seu valor é de extrema importância, visto que se o investimento demorar muito para obter retorno haverá mais riscos potenciais provindos de mudanças de cenário atuais não previstas (SOUZA e CLEMENTE, 2008).

O PB originalmente é determinado como o tempo em que a soma dos fluxos de caixa que resulta em zero. Contudo esse método não leva em conta o valor do dinheiro no tempo, e para esta finalidade foi criado o PB descontado. Isto é; o período em que a soma dos valores dos fluxos de caixa, descontados por uma taxa, resulta em zero (KASSAI *et al.*, 2000).

## 2.5 Taxa de Desconto

A taxa de desconto utilizada para calcular o VPL e PB Descontado, bem como para comparar com a TIR e deve ser superior à um rendimento seguro tão quanto for arriscado um investimento. Neste trabalho o fluxo de caixa estimado por um período de 15 anos e um investimento seguro com vencimento semelhante é o tesouro IPCA+ 2035. O tesouro IPCA+ 2035 possui um rendimento bruto de 4,02% superior ao Índice de Preços ao Consumidor (IPCA), ao ano, garantido caso o título seja mantido até o vencimento em 2035, isto é, por um período de 15 anos (TESOURO NACIONAL, 2020).

O rendimento líquido do tesouro IPCA+ 2035, caso o título seja mantido até o vencimento, é de 85% da soma do IPCA + 4,02% ao ano. Considerando, conservadoramente, que o aumento da tarifa de energia seja de ao menos 85% do IPCA o retorno líquido real do investimento é de aproximadamente 3,42%. Para determinar a taxa de desconto deve-se adicionado um fator que remunere os riscos envolvidos, dentre os quais destaca-se o de mudança da legislação vigente, como a cogitada este ano. Assim, adotou-se como taxa de desconto três vezes o retorno real líquido do tesouro IPCA+ 2035, aproximadamente 10,25%.

## 2.6 Planilha eletrônica

Afim de executar todos os cálculos necessários e criar gráficos de forma automatizada, utilizou-se de uma programação em Visual Basic for Applications (VBA) juntamente com as funções do Microsoft Excel, sendo a Figura 3 um diagrama de blocos que apresenta as etapas que são necessárias para calcular os indicadores financeiros.

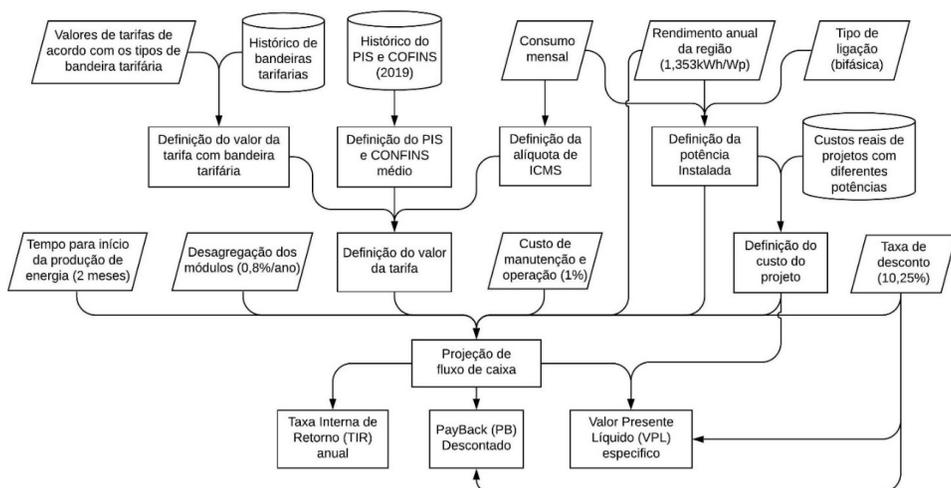


Figura 3. Diagrama de blocos do cálculo de indicadores financeiros.

Fonte: Autores (2020).

O Excel já possui funções próprias que calculam o VPL e TIR, assim como recursos para realizar quase todos os procedimentos supracitados e a criar os gráficos dos indicadores financeiros, sendo necessário somente digitar formulas e fornecer os dados adequados. A programação em VBA veio a complementar as funções já presentes no Excel de uma forma mais cômoda, sendo utilizada tanto para criar uma função que calcular o PB Descontado, quanto para automatizar a variação consumo mensal e o preenchimento de células com os valores dos indicadores a serem plotados nos gráficos.

A potência de instalação ( $P_i$ ), segundo as premissas deste trabalho, pode ser calculada conforme a Equação 1, sendo o valor da taxa mínima ( $t_m$ ), o rendimento anual ( $R_a$ ) e o consumo mensal ( $C_m$ ), um valor que foi variado entre 250 e 750 kWh pelo algoritmo de forma a gerar os resultados deste trabalho. Foi escolhida esta faixa, pois ao contactar as empresas não havia projetos para residências com consumos inferiores a 250kWh/mês e acima de 750 kWh/mês a viabilidade não se altera muito.

$$P_i = \frac{(C_m - t_m) \cdot 12}{R_a} \quad (1)$$

Já a definição do custo de projeto é dada por meio de uma interpolação linear do valor da potência instalada numa matriz com os custos de projetos fornecido por empresas da região estudada. Como mencionado anteriormente, o valor da tarifa base ( $T_b$ ) foi calculado conforme a média ponderada valor das atuais bandeiras, faltando ainda a inclusão dos impostos. Segundo a ANEL (2016), o valor final da tarifa ( $T_F$ ) pode ser definido pela Equação 2, que acrescenta o valor dos impostos estaduais (ICMS), neste trabalho conforme mostrado anteriormente na tabela 1, e dos impostos federais (PIS e COFINS), neste trabalho uma média do que foi cobrado em 2019.

$$T_F = \frac{T_b}{1 - (\text{ICMS} + \text{PIS} + \text{COFINS})} \quad (2)$$

A projeção do fluxo de caixa é iniciada-se por considerar o valor inicial como o custo de projeto ( $C_p$ ) adicionado uma correção pelos dois meses que antecedem a geração de energia, sendo o valor da correção a taxa de desconto (10,25%). O valor economizado ( $V_E$ ) nos anos subsequentes podem ser calculados por meio da Equação 3, sendo referente ao ano analisado, neste estudo de 1 a 15,  $t_d$  a taxa de desagregação dos módulos e  $C_{OM}$  os custos de operação e manutenção.

$$V_E = T_F \cdot P_i \cdot R_a \cdot (1 - t_d)^{n-1} - C_{OM} \cdot C_P \quad (3)$$

O PB Descontado foi calculado por meio de uma função apresentada na Figura 4, sendo os argumentos desta função  $TD$ , que corresponde a célula que tiver com o valor da taxa de desconto, e  $FC$ , que corresponde as células na quais estão os valores do fluxo de

caixa devendo ser selecionado uma coluna com quantas linhas forem o número de fluxo de entrada e saída. Nestas células, o primeiro valor apresenta o custo de aquisição e deve ser negativo por este motivo, os demais valores são o montante economizado nos anos, devendo ser preenchido do primeiro ano ao décimo quinto ano conforme os valores obtidos por meio da Equação 3.

```
Function PBDesc(TD As Range, FC As Range)
Dim Total As Double
Total = 0
PBDesc = 0
For C = 2 To FC.Count
If Total < -FC.Item(1) Then
Total = Total + (FC.Item(C) / ((1 + TD) ^ (C - 1)))
PBDesc = PBDesc + 1
If Total > -FC.Item(1) Then
PBDesc = PBDesc - (Total + FC.Item(1)) / (FC.Item(C) / ((1 + TD) ^ (C - 1)))
End If
End If
Next C
If Total < -FC.Item(1) Then
PBDesc = "Não há"
End If
End Function
```

Figura 4. Variação do VPL em função do consumo.

### 3 | RESULTADOS E CONCLUSÕES

Conforme a metodologia proposta, este trabalho gerou três gráficos que apontam a variação do TIR anual, VPL específico e PB Descontado em função da energia consumida, respectivamente as Figuras 5, 6 e 7. Como esperado, observou-se que a viabilidade do projeto aumentava conforme o consumo da residência era maior, podendo isto ser observado por meio de todos os indicadores financeiros utilizados neste trabalho. Os principais fatores que influenciaram tal fato foram: redução dos custos de aquisição e a variação da alíquota de ICMS. Contudo, foi possível observar também a tendência de uma estabilização próxima a demanda de 580 kWh/mês. Isto ocorre, pois a alíquota de ICMS não aumenta a partir de 450kWh e o custo do Wp do projeto tende a se diminuir menos com o aumento da potência instalada.

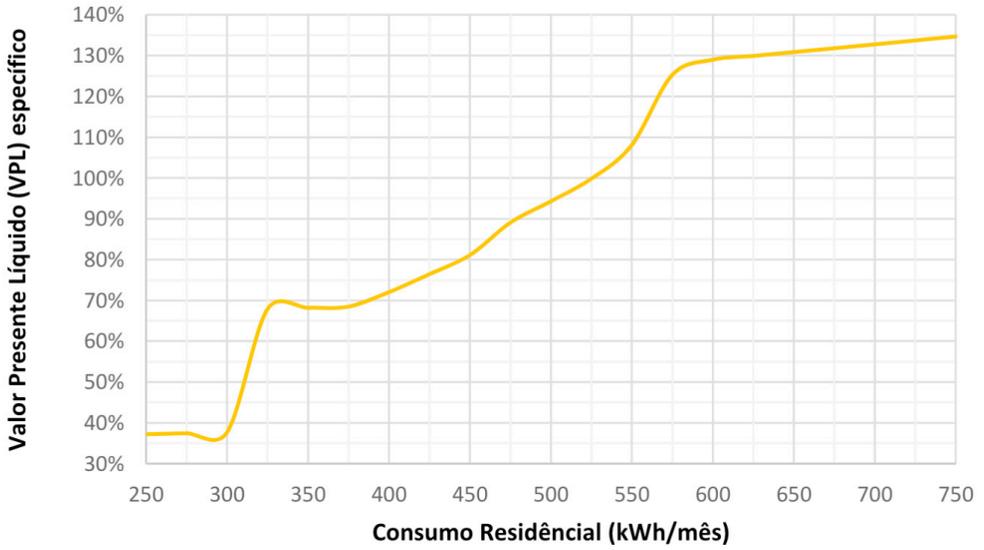


Figura 5. Variação do VPL em função do consumo.

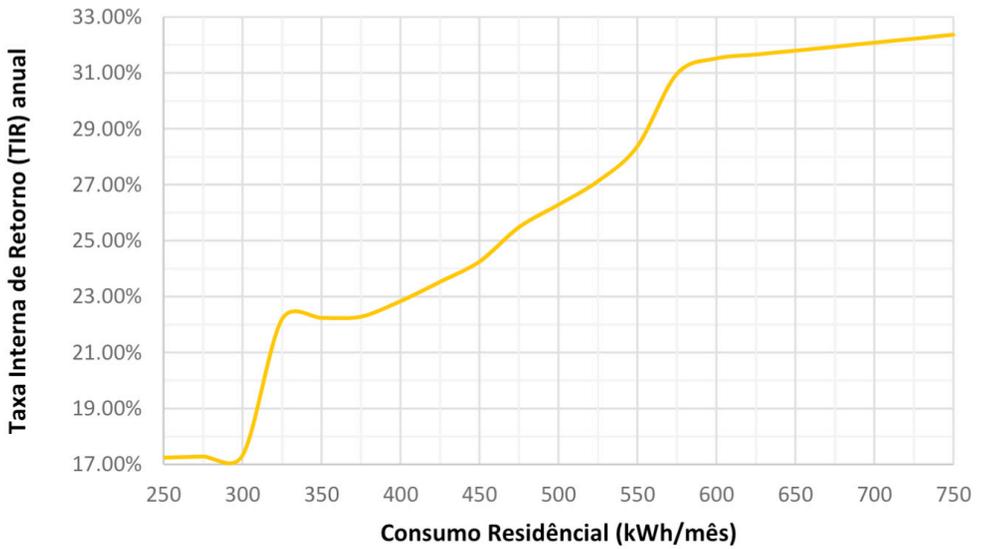


Figura 6. Variação do TIR em função do consumo.

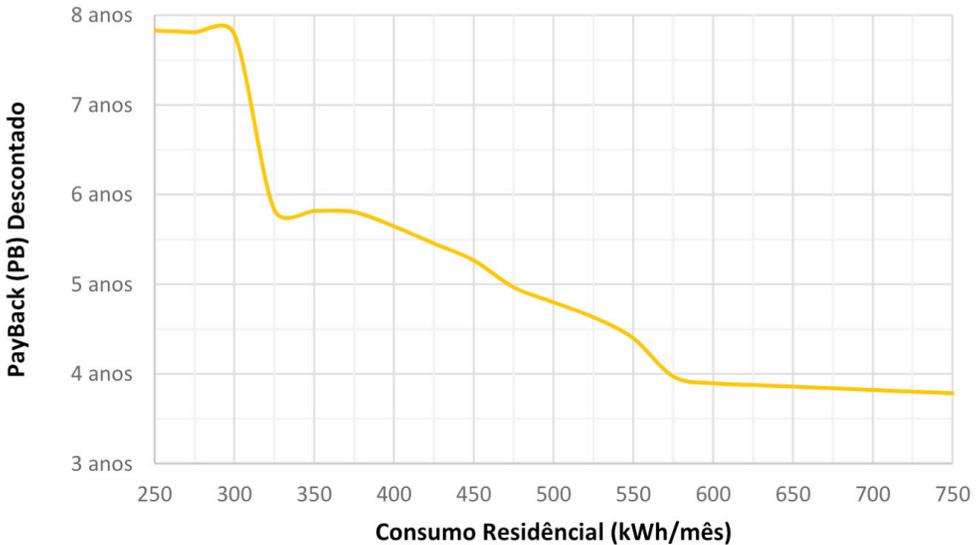


Figura 7. Variação do PB Descontado em função do consumo.

Destaca-se que para todos os cenários observados o VPL específico foi positivo, o que aponta uma viabilidade de investimento até mesmo para os que consomem menos, sendo possível observar um retorno que fica entre pouco mais de 37% e 135% de acordo com a quantidade de energia consumida. Foi possível observar também uma semelhança entre o formato da curva da TIR e do VPL específico, sendo o motivo para tal a relação entre os métodos, a TIR é a taxa para qual o VPL é nulo.

O valor da TIR anual teve taxas de variação mais significantes até o valor de 580kWh/mês. A partir deste o crescimento diminuir, pelos motivos supracitados. O valor da TIR anual foi calculado num fluxo de caixa convencional, significando assim que os valores apresentados nos gráficos são únicos. Seu valor variou entre 17,2 e 32,4% de acordo com o consumo. Quando se compara estes valores da TIR com a taxa de desconto adotada (10,25%) percebe-se uma viabilidade que pode ser mais do que três vezes superior que a mesma, o que corresponde a nove vezes o retorno em aplicações no tesouro com mesma liquidez.

Já o PB Descontado variou de 7,8 a 3,8 anos, representando assim um investimento que demora um prazo relativamente longo para ter seu retorno efetuado, estando sujeito a mudanças de cenários não previstas. Contudo, considerando que o a taxa de desconto utilizada foi de três vezes um retorno real num investimento seguro, seria difícil observar uma mudança tão abrupta que inviabilize a implantação de sistemas fotovoltaicos para a faixa estudada.

Por meio dos indicadores aqui apresentados, a utilização do micro e minigeração distribuída se mostra como uma alternativa de investimento, especialmente no cenário

econômico atual em que a Selic está em seu menor nível histórico, 2,25% ao ano<sup>1</sup>, e não se sabe os efeitos da pandemia na renda variável. Destaca-se também que existe uma possível viabilidade em sistemas de menor potência do que o limite inferior estudado neste trabalho.

Vale destacar que os resultados aqui apresentados não têm a função de substituir estudos para específicos para determinar a viabilidade de projetos, mas sim indicar o quão viável pode ser a implantação de sistemas fotovoltaicos em residências. Esses estudos podem considerar variáveis como a sazonalidade de consumo e produção, bem como características de construção do telhado, como orientação, inclinação e tipo de cobertura, o que tende a dar maior precisão nos resultados para projetos específicos.

## REFERÊNCIAS

AMERICA DO SOL. **Sobre o Simulador Solar**. Disponível em: <<http://americadosol.org/sobre-o-simulador-solar/>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. 2. ed. Brasília, ANEEL, 31 p., 2016.

\_\_\_\_\_. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 - Acesso ao Sistema de Distribuição**. Brasília, ANEEL, 2017.

\_\_\_\_\_. **Resolução homologatória N° 2.666**. Brasília, ANEEL, 2020.

\_\_\_\_\_. **Resolução normativa N° 687**. Brasília: ANEEL, 2015.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Copom reduz a taxa Selic para 2,25% a.a**. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/detalhenoticia/17095/nota>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

DE CARVALHO, J. F. **Energia e sociedade**. Estudos Avançados, v. 28, n. 82, p. 25-31, 2014.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, Brasil, CRESESB/CEPEL, Brasil, 206 p., 2004.

COMETTA, E. **Energia Solar: Utilização e Empregos Práticos**. 5. ed. HEMUS, Brasil, 127 p., 2004.

DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, M. F. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. IPEA, Brasil, 2018.

FERREIRA, R. D. A. *et al.* **Planilha para a estimação técnica e financeira de um sistema fotovoltaico**. Revista Ciências do Ambiente On-Line, v. 9, n. 2, 2013.

---

1. Reduzida unanimemente para este valor na 231ª reunião, o Comitê de Política Monetária (Copom) no dia 17 de junho de 2020 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2020).

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. Pearson, São Paulo, Brasil, 775 p., 2010.

KASSAI, J. R. *et al.* **Retorno de Investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. 2. ed. Atlas, São Paulo, Brasil, 280 p., 2000.

NAKABAYASHI, R. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: Viabilidade econômica. Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos**. Instituto de Energia e Ambiente/USP, São Paulo, Brasil, 58 p., 2015.

PUCCINI, E. C. **Matemática financeira e análise de investimentos**. 2. ed. Departamento de Ciências da Administração/JFSC, Florianópolis, CAPES, Brasília, UAB, 204 p., 2011.

RIO DE JANEIRO. **Lei estadual 2.657, dispõe sobre o imposto sobre circulação de mercadorias e serviços e dá outras providências**. Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 1996.

\_\_\_\_\_. **Lei estadual 4.056, autoriza o poder executivo a instituir no exercício de 2003, o fundo estadual de combate à pobreza e às desigualdades sociais**. Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

\_\_\_\_\_. **Lei estadual 7.786, dispõe sobre o imposto sobre a transmissão causa mortis e doação de quaisquer bens ou direitos (ITD), de competência do estado do rio de janeiro**. Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2017.

ROSA, L. P. **Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear**. Estudos Avançados, v. 21, n. 59, p. 39-58, 2007.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos**. 6. ed. Atlas, São Paulo, Brasil, 200 p., 2008.

TESOURO NACIONAL. **Preços e taxas dos títulos IPCA, Pré e Pós-fixados I Tesouro Direto**. Disponível em: <<https://www.tesourodireto.com.br/titulos/precos-e-taxas.htm>>. Acesso em: 18 jun. 2020.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

AA8011 96, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 108  
Aço Inoxidável 49, 50, 53, 54, 58, 59  
Aeração 184, 185, 186, 187, 190, 192  
Alimentação 115, 120, 122, 249, 251, 300, 301, 302, 303  
Análise de Investimento 255  
Animais 300, 301, 306  
Ar Condicionado 175, 178, 181, 202, 203, 204, 238  
Automação e Controle 234  
Automação Industrial 234, 243, 268  
Automação Residencial 238, 241, 243, 300, 306

### B

Bananeira 1, 2, 3, 15, 16  
Bioenergia 19  
Biomassa 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 238  
Briquetes 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31

### C

Carga Térmica 54, 175, 177, 178, 193, 195, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 282  
Catia V5 211, 212, 220, 222, 224  
Climatização 187, 193, 194, 238, 239, 242, 244  
Compósito 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 249  
Conforto 209, 300  
Conforto Térmico 193, 194, 195, 199, 201, 202, 204, 205, 206, 209, 210  
Controle 6, 13, 112, 128, 166, 171, 173, 188, 207, 210, 234, 236, 237, 238, 240, 241, 242, 243, 244, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 282, 283, 302, 303  
Corrosão Intergranular 49, 50, 51, 54, 55, 58, 59  
Custos 2, 18, 20, 61, 97, 111, 112, 113, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 151, 176, 234, 255, 256, 257, 262, 263

### E

Educação 1, 18, 30, 165, 166, 173, 174, 204, 245, 247, 253, 255, 300  
Eficiência 114, 116, 178, 180, 181, 190, 196, 234, 235, 236, 237, 238, 242, 243, 244

Eficiência Energética 18, 175, 177, 178, 181, 182, 183, 184, 196, 204, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244

Elementos Finitos 142, 143, 144, 148, 149

Energia 61, 76, 94, 98, 100, 120, 155, 178, 183, 189, 235, 236, 243, 245, 254, 257, 266, 267, 306

Energia Solar Fotovoltaica 245, 246, 254

Engenharia Mecânica 17, 49, 77, 95, 96, 111, 148, 150, 165, 166, 174, 182, 184, 192, 307

Ergonomia 193, 204, 211, 212, 213, 215, 220, 232

Extrusão 96, 97, 98, 100, 105, 107, 108, 109

## **F**

Fase Sigma 49, 50, 51, 53, 56

Fibra Natural 1

Fibra Vegetal 1, 2

## **I**

Índice de Calor 205, 206, 207, 208

Inteligência Artificial 150, 152, 154, 159, 237, 268, 283

## **L**

Laser 60, 61, 78, 79, 96, 97, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Liga AA7009 78

Liga AA7013 60

## **M**

Metalurgia do Pó 60, 61, 62, 71, 76, 77, 78, 79, 90, 94, 95, 96, 97, 98, 103

Metrologia 165, 166, 169, 170, 173, 174, 177, 183

Moagem de Alta Energia 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 70, 71, 73, 74, 76, 78, 79, 80, 83, 84, 86, 89, 91, 92, 94, 96, 98, 100

## **O**

Ônibus 205, 206

## **P**

Piaçava 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

Propulsão de Embarcações 245, 246

## **R**

Redes Neurais 150, 152, 237, 240, 243, 244, 268, 269, 272, 276, 282, 283

Refrigerador de Grãos 184, 186

Resíduo 19, 30, 54

## **S**

Sistemas Fotovoltaicos 255, 265, 266, 267

Soldagem 61, 62, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 307

Sustentabilidade 175, 234, 245, 253

## **T**

Temperatura de Corte 142, 148, 152

Temperatura do Ar 184, 189, 199, 200, 205, 206, 207, 208

Texturização 126, 128, 129, 130, 139

Torneamento 126, 130, 133, 135, 136, 139, 148, 150, 152, 156, 161

Tubos Canadianos 184, 186, 192

Tubulações Industriais 111, 112, 119

## **U**

Umidade Relativa do Ar 6, 195, 205, 206, 207, 208

Usinagem 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 150, 151, 154, 156, 161

# Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas  
e motores no cotidiano do homem

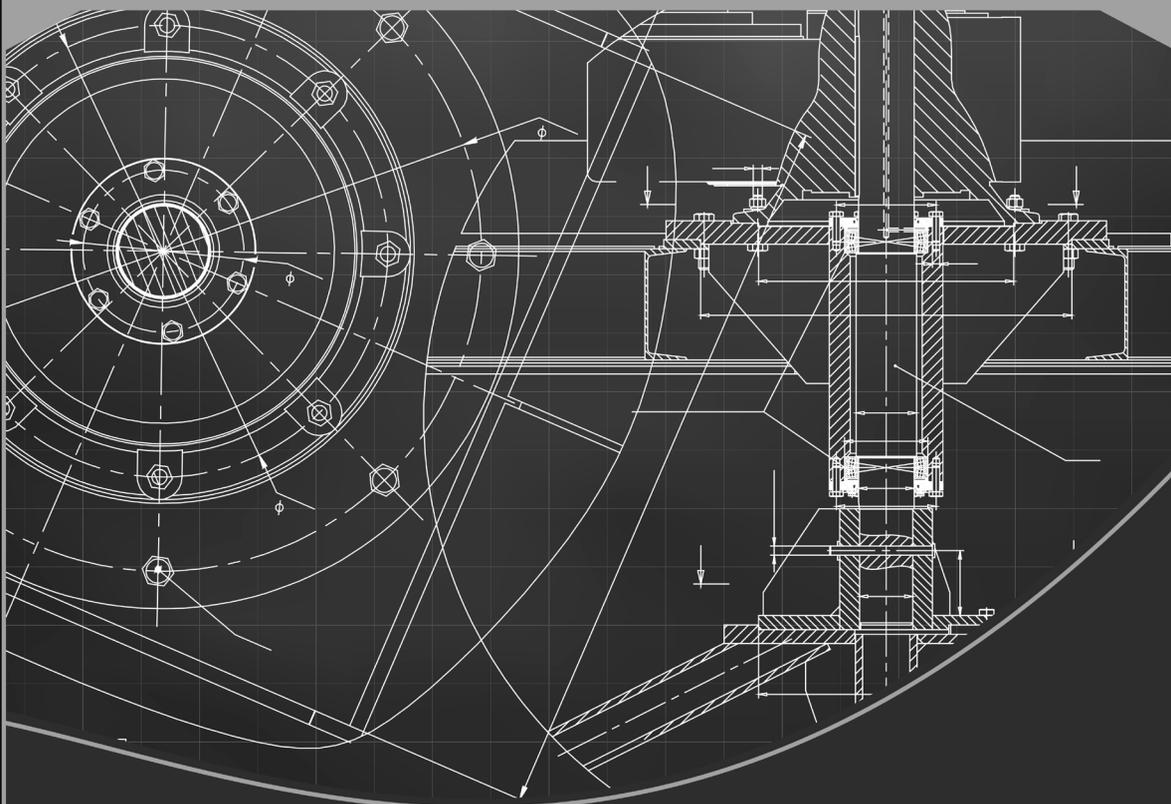
# 2

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

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

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora

Ano 2021

# Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas  
e motores no cotidiano do homem

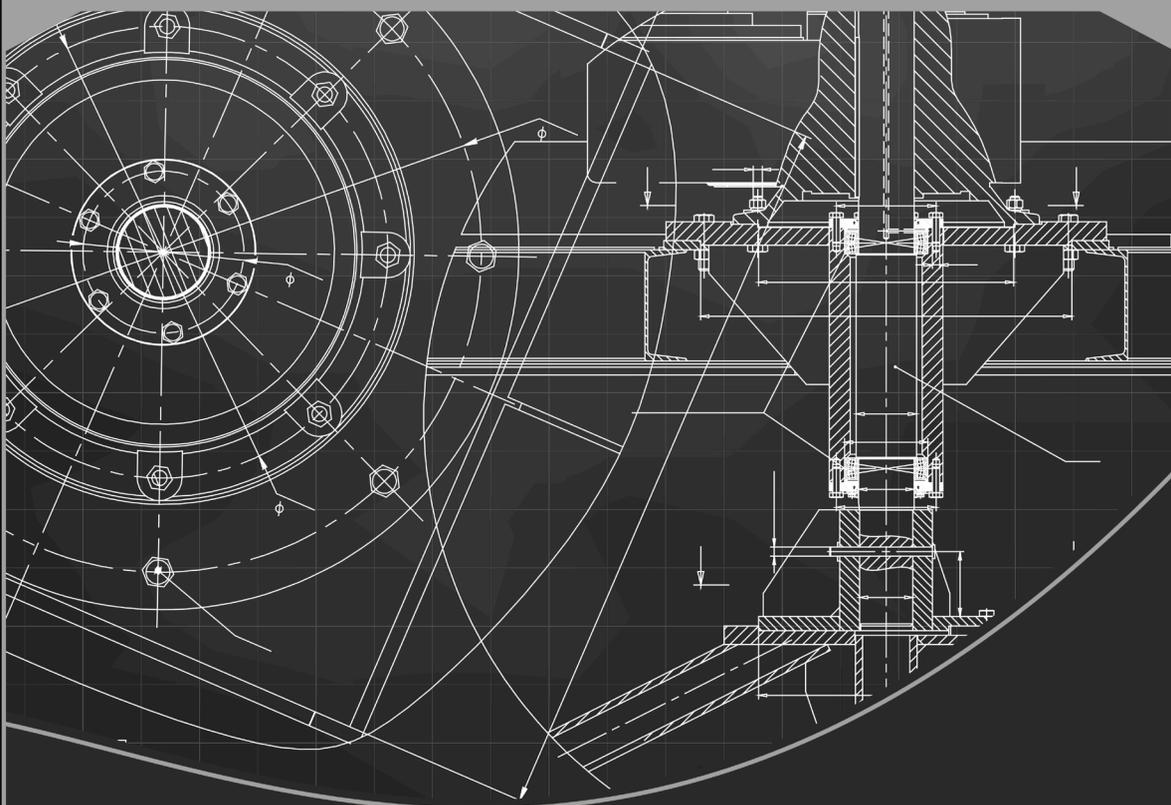
# 2

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

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

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora

Ano 2021