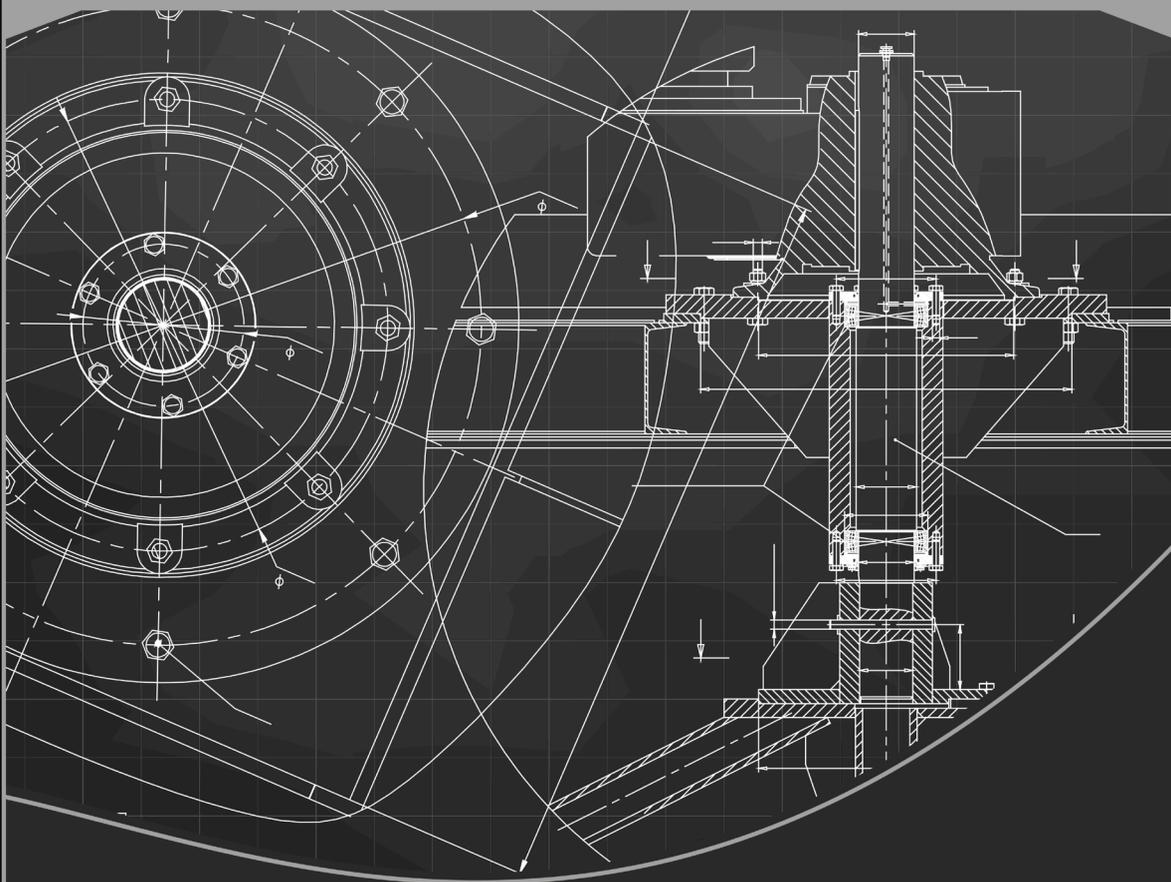


# Engenharia mecânica:

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

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)



**Atena**  
Editora

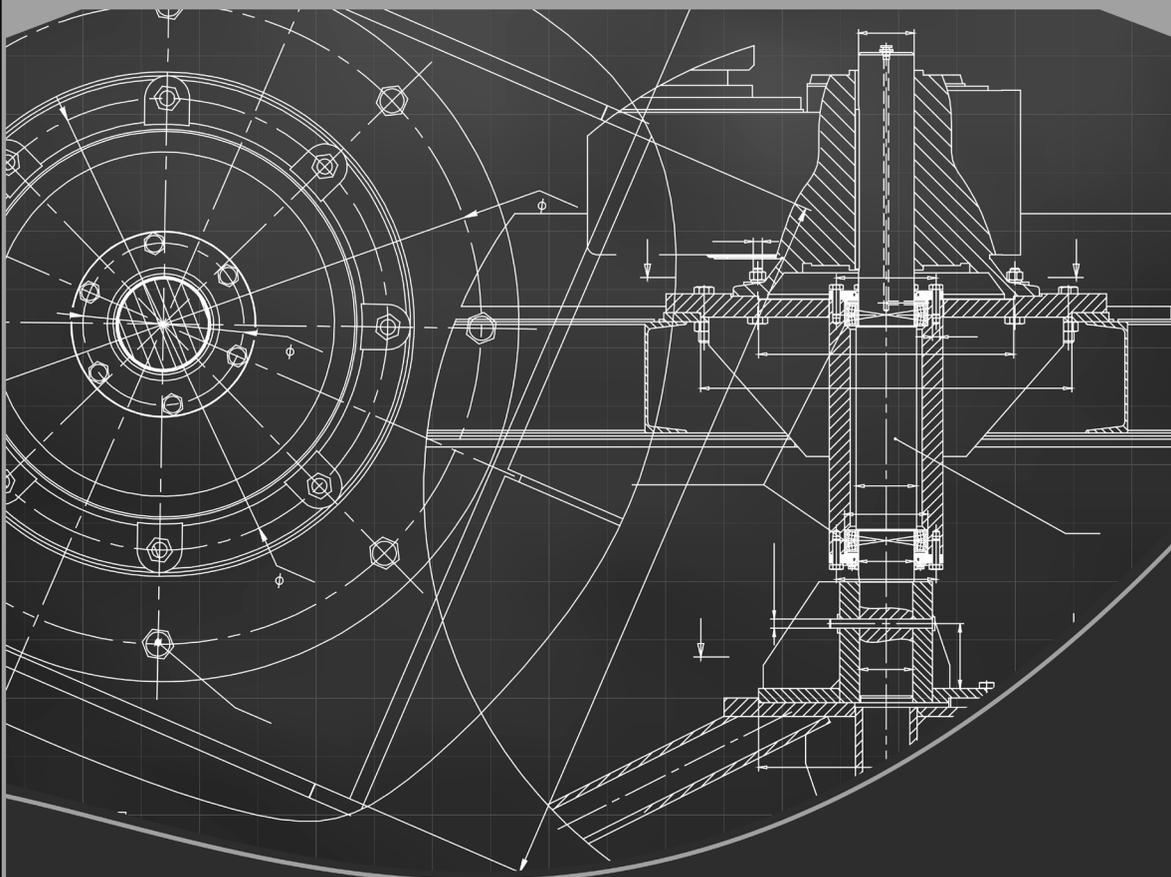
Ano 2021

# 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>

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

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 07/03/2021

### Eduarda Silva Costa

Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas  
Brasília-DF  
<http://lattes.cnpq.br/6404534353655685>

### Matheus Júnio Souza da Silva

Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas  
Brasília-DF  
<http://lattes.cnpq.br/7720406742290055>

### Ramiro de Matos Bertolina

UDF Centro Universitário, Departamento de Engenharia Mecânica  
Brasília-DF  
<http://lattes.cnpq.br/6725020185311214>

### Thiago Ferreira Gomes

UDF Centro Universitário, Departamento de Engenharia Mecânica  
Brasília-DF  
<http://lattes.cnpq.br/7583553015090872>

**RESUMO:** Uma maneira de manter a qualidade dos grãos é resfria-los artificialmente por meio do insuflamento de ar refrigerado no sistema de aeração. Essa técnica é eficaz para a manutenção da qualidade do produto, uma vez que diminui a taxa metabólica dos grãos e retarda o desenvolvimento de insetos-praga, independentemente das características climáticas da região. Esse estudo consiste em

uma análise analítica do gasto energético de um equipamento refrigerador de grãos quando o sistema é integrado a tubos canadianos. No resfriamento, a temperatura do ar ambiente captado faz com que o equipamento consuma muita energia para alcançar as condições adequadas para conservação do grão. O consumo energético diminui quando o sistema é incorporado a tubos canadianos, uma vez que a temperatura do ar inserido no processo é reduzida por meio do trocador de calor ar-solo. A média de gasto por ciclo de refrigeração em silo de 400t é igual a R\$ 4.391/ciclo e com a integração dos dutos canadianos, esse gasto decai para R\$ 1.036/ciclo, uma redução de 76,4%. Assim, o equipamento de refrigeração seria menos requisitado e haveria uma maior eficiência energética no processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Refrigerador de grãos, tubos canadianos, eficiência, aeração

### ENERGY EFFICIENCY IN THE GRAIN REFRIGERATOR WORK SYSTEM INTEGRATED TO CANADIAN PIPES

**ABSTRACT:** One way to maintain the quality of the beans is to cool them artificially by blowing cool air into the aeration system. This technique is effective for maintaining product quality, since it is at a metabolic rate of the grains and slows down the development of insect pests, regardless of the climatic characteristics of the region. This study consists of an analytical analysis of the energy expenditure of a grain cooler when the system is integrated with Canadian pipes. Without cooling, the ambient air temperature captured causes the equipment to consume a lot of energy to reach

the necessary conditions for grain conservation. The internal energy consumption when the system is incorporated into Canadian tubes, since the temperature of the air inserted in the process is reduced through the air-to-ground heat exchanger. The average expense per refrigeration cycle in a 400t silo is equal to R\$ 4,391 / cycle and with the integration of Canadian pipelines, this expense drops to R\$ 1,036 / cycle, a reduction of 76.4%. Thus, the refrigeration equipment would be less necessary and there would be greater energy efficiency in the process.

**KEYWORDS:** Grain cooler, canadian tubes, efficiency, aeration.

## 1 | INTRODUÇÃO

O agronegócio no Brasil é um dos pilares da economia, sendo este o único setor produtivo com alta no PIB no segundo trimestre de 2020, época em que o país atravessava a pandemia causada pelo covid-19. Conforme a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA (2020), mesmo o crescimento sendo menor do que o esperado, produtos como a soja (5,9%), o arroz (7,3%) e o café foram os principais destaques da produção.

A qualidade dos grãos está atrelada com a propulsão de todo agronegócio, e para garanti-la é necessário um eficiente sistema de armazenamento. Para que a qualidade dos grãos seja mantida, os silos devem oferecer um ambiente que seja desfavorável para o desenvolvimento de insetos-praga e para isso são empregados diferentes processos nesta etapa.

A aeração é um dos métodos mais eficientes para a conservação da qualidade dos grãos e sua principal função é o resfriamento. Nessa técnica, o ar passa pelos espaços entre os grãos propiciando assim uma troca constante de calor e umidade, evitando condições favoráveis para desenvolvimento de organismos indesejáveis e os riscos de perda por deterioração (ELIAS, 2018).

Em regiões com clima tropicais, como o Brasil, a aplicação das técnicas de resfriamento utilizando o ar natural se mostra ineficiente devido as altas temperaturas. Nesses casos, utilizar o ar resfriado artificialmente é uma alternativa viável, e a utilização de equipamentos refrigeradores é uma maneira de se garantir que as baixas temperaturas sejam alcançadas.

Com capacidade de refrigeração que podem ir até 125kW (MARCOLD GROUP, 2020), o custo de adquirir esses aparelhos e o gasto em energia são muito altos. Considerando que muitas vezes é necessário realizar mais de um ciclo de refrigeração nos silos, muitos produtores não tem condições de manter esses equipamentos em funcionamento, colocando em risco a qualidade de seus produtos.

A Segunda Lei da Termodinâmica estabelece que o calor flui de forma espontânea e irreversível de uma fonte de maior temperatura a uma de menor temperatura, até que o diferencial térmico se anule (ÇENGEL, 2007). Em máquinas térmicas, quanto menor for esse diferencial, menor será o trabalho realizado e o gasto de energia.

A proposta desse estudo é avaliar uma maneira de reduzir o gasto energético desses equipamentos. Para isso, o ar inserido dentro do processo de resfriamento terá sua temperatura reduzida por um sistema de dutos canadianos, que é um permutador de calor ar-solo e consiste em tubagens enterradas que permitem a troca térmica entre o ar e solo.

A análise será realizada de forma analítica, com dados obtidos através do dimensionamento de tubos canadianos feito por Costa *et. al* (2020), informações retiradas do manual de um modelo de resfriador de grãos da marca Marcold Group e de relações de máquinas refrigeradoras e termodinâmica presentes na literatura.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Dentre os objetivos principais desse trabalho, tem-se a análise de gasto energético de um refrigerador de grãos utilizado na aeração de resfriamento em silos armazenadores, quando este está atrelado a um sistema de dutos canadianos.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Em relação aos **objetivos específicos**, busca-se:

- Levantar dados referentes ao modelo de refrigerador estudado.
- Obter os resultados analíticos alcançados a partir do dimensionamento do sistema de ventilação geotérmica realizado por Costa *et. al* (2020).
- Comparar o gasto energético do refrigerador quando está submetido a dois diferentes regimes de trabalho.
- Avaliar o custo monetário do gasto em energia elétrica do refrigerador que trabalha no regime mais eficiente.

## 2 | METODOLOGIA

Agora serão apresentadas a coleta de dados e a metodologia utilizada com a finalidade de analisar o desempenho do regime de trabalho do refrigerador, utilizando equações e conceitos descritos na literatura por Çengel e Boles (2011) e Van Wylen (2009).

### 2.1 Resfriador de grãos

O modelo do equipamento do resfriador de grãos escolhido foi o 37-80VE da linha Charly, comercializado pela empresa Marcold Group. Os refrigeradores dessa linha são capazes de refrigerar silos e armazéns pequenos e médios, com capacidade individual entre 300 e 10.000 toneladas, alcançando uma temperatura de 12° C. Abaixo, tem-se as informações técnicas do aparelho:

MODELO 37-80VE CHARLY	
Gás refrigerante	R 134 A
Modelo do compressor	BITZER CSH-8553- 80
Vazão com perda de carga do ventilador	39800 m <sup>3</sup> /h
Potência máxima absorvida pelo compressor	88 kW
Peso	3300 kg

Tabela 1 – Informações técnicas do refrigerador.

Fonte: Marcold Group (2020)

## 2.2 Sistema de ventilação geotérmica

A ventilação geotérmica consiste na ventilação através de tubagens enterradas no solo, que agem como um permutador de calor ar-solo, utilizando a inércia térmica da terra para climatização e arejamento (SOUSA, 2014). A finalidade do sistema é atrasar os picos de temperatura e insuflar um ar com a temperatura mais próxima à do solo, que se encontra mais frio que o ambiente. Alguns parâmetros que devem ser avaliados para um devido dimensionamento são: comprimento do poço, diâmetro do tubo, velocidade do ar, temperatura de saída e profundidade.

Costa et al. (2020) realizou um estudo e dimensionamento de um sistema de ventilação geotérmica a fim de resfriar o ar inserido no processo de aeração de resfriamento. Utilizando uma abordagem simplificada levando em consideração o comportamento térmico do solo e transferência de calor entre o solo e o ar que escoam nos dutos, os principais resultados foram:

- Tubos alocados em paralelo, para reduzir perda de carga
- Diâmetro da tubulação em paralelo: 0,71m
- Comprimento dos tubos em paralelo: 72 m
- Temperatura de saída de ar: 22 °C
- Velocidade de saída do ar: 11,4 m/s
- Vazão mássica do sistema (m): 13,15 kg/s

## 2.3 Análise de eficiência do regime de trabalho

As leis da termodinâmica definem os limites teóricos para o desempenho de máquinas térmicas, refrigeradores e outros sistemas de engenharia. Essas máquinas são projetadas para produzir trabalho e os engenheiros estão em constante busca de melhoria na eficiência desses dispositivos, pois quanto maior a eficiência, menores são os gastos com energia

As máquinas térmicas cíclicas operam entre um meio de alta temperatura ( $Q_q$ ) e um meio de baixa temperatura ( $Q_f$ ), e ao final de cada ciclo, o fluido de trabalho volta ao estado inicial. O trabalho e a eficiência dessas máquinas podem ser otimizados ao utilizar processos reversíveis, que na prática não podem ser realizados, mas demarcam as fronteiras do desempenho real.

Considerando a equação do balanço de energia definida pela Primeira Lei da Termodinâmica, o trabalho ( $W$ ) realizado por esses dispositivos térmicos definido pela Equação 1 (ÇENGEL E BOLES, 2011):

$$W = Q_q - Q_f \quad (1)$$

A fração de calor fornecido que é transformado em trabalho resulta na eficiência térmica do sistema. Na termodinâmica, a eficiência define o grau de sucesso com qual um processo de transferência ou conversão de energia é realizado e, para ciclos de refrigeração, é chamado de COP – Coeficiente de Desempenho e é definido pela Equação 2 (ÇENGEL E BOLES, 2011):

$$COP = \frac{1}{\frac{Q_q}{Q_f} - 1} \quad (2)$$

Em um ciclo de refrigeração, o processo não é espontâneo, ou seja, a troca térmica não ocorre de forma natural. Os refrigeradores necessitam de uma adição de trabalho para realizar a transferência de calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente. Mas o objetivo desse estudo não é avaliar o trabalho realizado no ciclo de refrigeração, e sim do sistema em geral. Considerando o refrigerador como um trocador de calor que opere no regime permanente, o balanço de energia se dá de acordo com a Equação 3 (ÇENGEL E BOLES, 2011):

$$W - Q_e + \dot{m}h_e = \dot{m}h_s \quad (3)$$

sendo  $-Q_e$  o calor retirado na entrada ( $Q_q$ ),  $m$  a vazão mássica e  $h_e$  e  $h_s$  as entalpias do fluido na entrada e saída, respectivamente.

Se o volume de controle a ser considerado é todo o trocador, o trabalho é igual a 0 pois não há interações de trabalho e as variações de energia cinética e potencial são desprezíveis. Em gases reais, a variação de entalpia pode ser substituída por  $c_p \Delta T$ , sendo  $c_p$  o calor específico do fluido e  $\Delta T$  a variação de temperatura do fluido. Assim, tem-se a relação proposta na Equação 4 (ÇENGEL E BOLES, 2011):

$$Q_e = -\dot{m}c_p(T_s - T_e) \quad (4)$$

Em máquinas térmicas reversíveis que operam segundo o Ciclo de Carnot, a relação entre as fontes e a temperatura é estabelecida pela Equação 5 (VAN WYLEN, SONNTANG e BORGNACKE, 2000), considerando as leis da termodinâmica e que todas as transferências de calor sejam positivas:

$$\frac{Q_q}{T_e} = \frac{Q_s}{T_s} \quad (5)$$

sendo  $Q_s$  o calor liberado na saída ( $Q_f$ ) e  $T_e$  e  $T_s$  as temperaturas de entrada e saída do fluido, respectivamente.

O gasto monetário em energia do equipamento é medido pelo trabalho multiplicado pela tarifa vigente para cada kWh, que é dada pela Equação 6:

$$\text{Consumo(R\$)} = W \cdot \text{tarifa} \quad (6)$$

Segundo o Decreto 9.642/2018, o setor de agronegócio possui 8% de desconto na tarifa vigente. Dados divulgados pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2020), definem o valor do kWh em Brasília/DF igual a 0,518 R\$/kWh, com vigência a partir de outubro de 2019.

Costa *et. al* (2020) traz um estudo de viabilidade da aplicação de um sistema de ventilação geotérmico para reduzir a temperatura do ar que é inserido no processo de resfriamento. Por meio de tubagens enterradas no solo, esse sistema faria com que o regime de trabalho do refrigerador fosse menos requisitado, já que o diferencial de temperatura de entrada e saída seria menor. Na Figura 1, é possível visualizar um desenho esquemático do funcionamento do refrigerador sem a adição dos tubos:

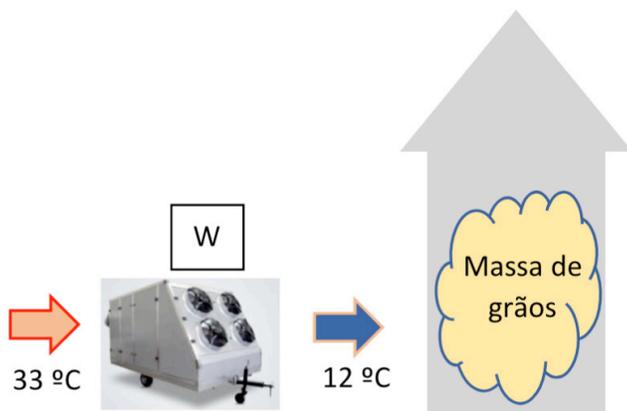


Figura 1 – Resfriamento do silo no modo convencional.

Fonte: Autoria Própria (2020)

Na Figura 2, nota-se que o refrigerador é menos requisitado se for integrado ao sistema de dutos canadianos:

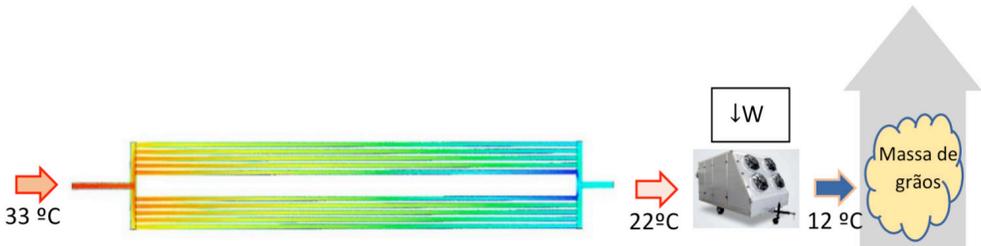


Figura 2 – Resfriamento integrado aos dutos canadianos.

Fonte: Aatoria Própria (2020)

### 3 | RESULTADOS E CONCLUSÕES

A seguir, serão apresentados os resultados que foram obtidos através da análise analítica e comparação da eficiência do sistema quando está submetido a dois diferentes regimes de trabalho.

#### 3.1 Eficiência térmica quando a temperatura de entrada é igual a 33° C

Quando captado em temperatura ambiente, o ar possui uma temperatura mais elevada. Nesse caso, considera-se uma temperatura de 30 °C acrescidos de mais 3°C devido ao ventilador instalado no sistema de aeração. A finalidade do resfriador é reduzir essa temperatura até 12°C.

Considerando que o refrigerador atue segundo um ciclo de refrigeração de Carnot, quando  $T_g=33$  °C e  $T_s=12$  °C, tem-se  $Q_q=278,1$  kW e  $Q_f=259$  kW. Assim, o coeficiente de desempenho (COP), seguindo a Equação 2, é:

$$COP = \frac{1}{\frac{Q_q}{Q_f} - 1} = 13,57$$

O trabalho (W) é igual a 19,1 kW.

#### 3.2 Eficiência térmica quando a temperatura de entrada é igual a 22° C

Ao integrar o sistema do refrigerador com os dutos canadianos, a temperatura de entrada no ar no sistema é reduzida para valores próximos a 22°C. Assim, o valor de  $Q_q$  se reduz para 132,4kW,  $Q_f=128$  kW, quando considerado o ciclo de refrigeração de Carnot, e a eficiência (COP) é:

$$COP = \frac{1}{\frac{Q_q}{Q_f} - 1} = 28,5$$

O trabalho (W) é igual a 4,5 kW.

### 3.3 Comparação de gasto monetário dos regimes

Os refrigeradores de grãos permanecem ligados constantemente até que se alcancem as condições necessárias para a conservação dos grãos, e esse período, em horas, é chamado de ciclo de refrigeração. Pelos resultados obtidos acima, percebe-se que o sistema com a menor variação de temperatura requer menos trabalho inserido. Considerando os valores de tarifa e o trabalho consumido, para cada regime tem-se, por hora, os gastos:

- Refrigerador não-otimizado: gasto de R\$ 9,11/h
- Refrigerador integrado aos dutos canadianos: gasto de R\$ 2,15/h

### 3.4 Conclusões

Aplicando esses valores num sistema real, segundo Silva (2000), um silo de 700t de grãos de soja precisa de em média 482 horas com o sistema de refrigeração ligado para que se atinja as condições adequadas de conservação da qualidade dos grãos. Nesse sistema, a média de gasto por ciclo de refrigeração seria igual a R\$ 4.391/ciclo. Com a integração dos dutos canadianos, esse gasto decai para R\$ 1.036/ciclo, uma redução de 76,4%, como pode ser visto no gráfico expresso na Figura 3:



Figura 3 – Comparação de gasto monetário entre os sistemas.

Fonte: Autoria Própria (2020)

Conclui-se então, que resfriar o ar inserido no processo de resfriamento de grãos por meio de dutos canadianos, é uma alternativa eficaz para reduzir o consumo de energia. Lembrando que a análise foi feita considerando que os processos são reversíveis e sem avaliar o ciclo de refrigeração do equipamento, então, essa diferença de gastos monetários podem ter valores maiores se considerar um sistema real.

## REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Y.A. **Transferência de Calor e Massa: uma abordagem prática**. 3ª ed. AMGH, 2007

ÇENGEL, Y.A.; BOLES, M.A. **Termodinâmica**. 5ª ed. Michael Graw Hill, 2011

ANEEL. **Ranking das Tarifas**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>. Acesso em: 29 de setembro de 2020.

BRASIL. Decreto nº 9.642, de 27 de dezembro de 2018. **Dispõe sobre a redução gradativa dos descontos concedidos em tarifa de uso do sistema de distribuição e tarifa de energia elétrica**. Diário Oficial da União, 2018.

CNA. **CNA mostra que PIB do agro é destaque no 2º trimestre de 2020**. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/cna-mostra-que-pib-do-agro-e-destaque-no-2-trimestre-de-2020>. Acesso em: 02 de setembro de 2020

COSTA, E.S; SILVA, M.J.S; BERTOLINA, R.M; GOMES, T.F. **Dimensionamento e análise CFD de tubos canadianos para aeração de refrigeração**. Anais do XX Congresso Internacional de Engenharia Mecânica e Industrial. Brasília, 2020.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M; VANIER, N.L. **Manejo da Aeração dos Grãos na Unidade Armazenamento para Preservar a Qualidade dos Grãos**. Universidade Federal de Pelotas, 2018.

MARCOLD GROUP. **Refrigeração para grãos e sementes**. Disponível em: <http://marcoldbrasil.com.br/sistemas-de-refrigeracao-e-secagem-para-graos-e-sementes>. Acesso em: 13 de agosto de 2020

SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, Aprenda fácil, 2000

SOUSA, M.M.L.A. **Análise do desempenho energético de sistemas de ventilação geotérmica**. Universidade de Coimbra, 2014

VAN WYLEN, J.G.; SONNTANG, R.E.; BORGNACKE, C. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**. 4ªed., Editora Blucher, 2009.

## 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

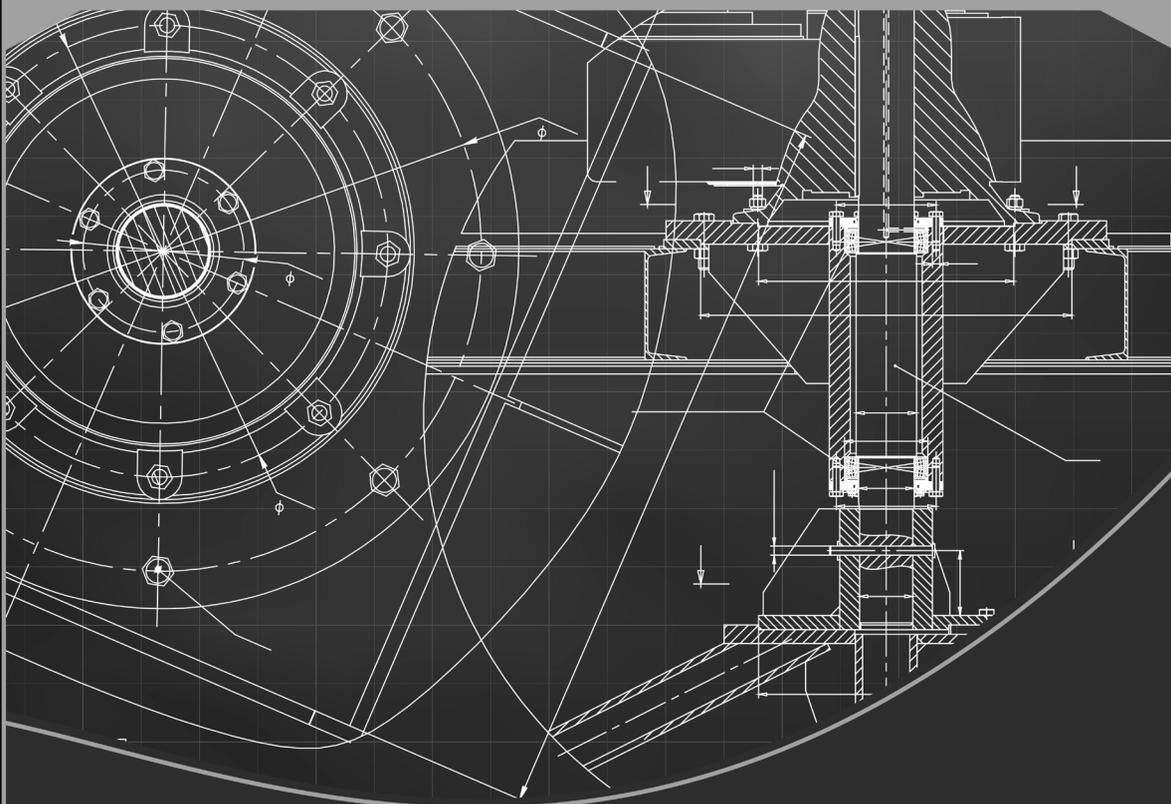
# 2

🌐 [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

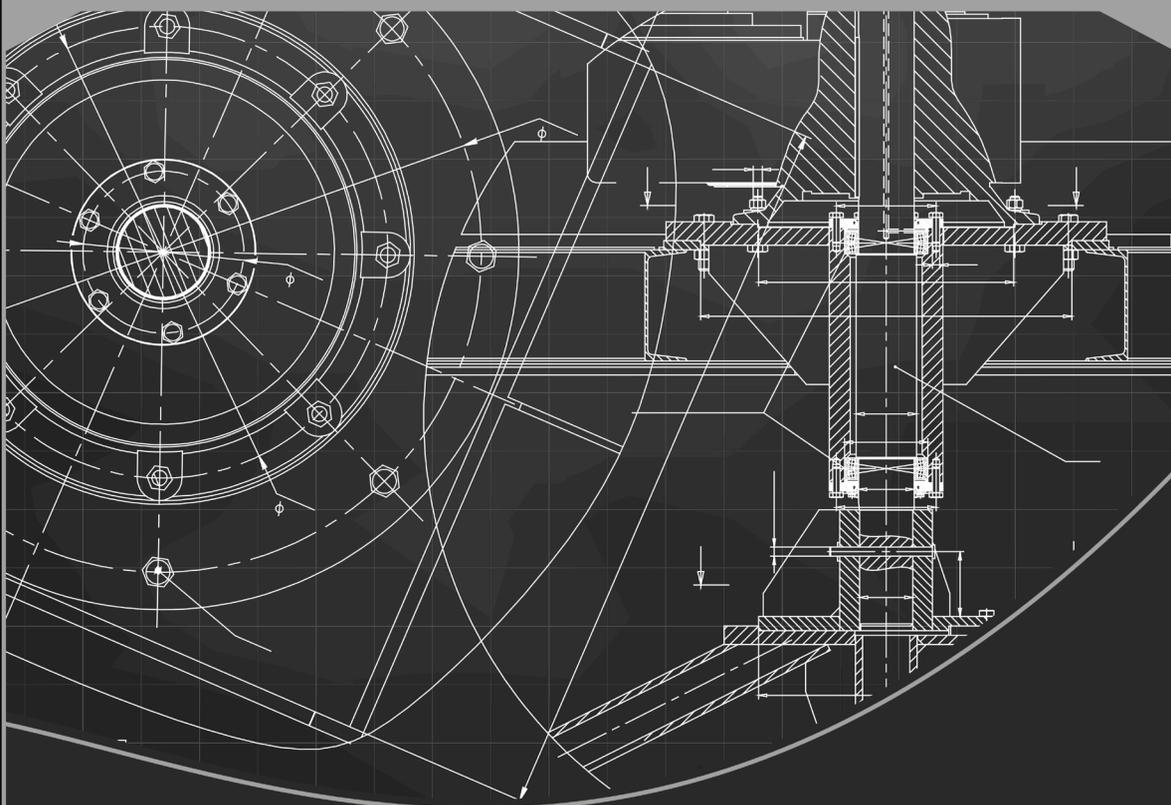
# 2

🌐 [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