

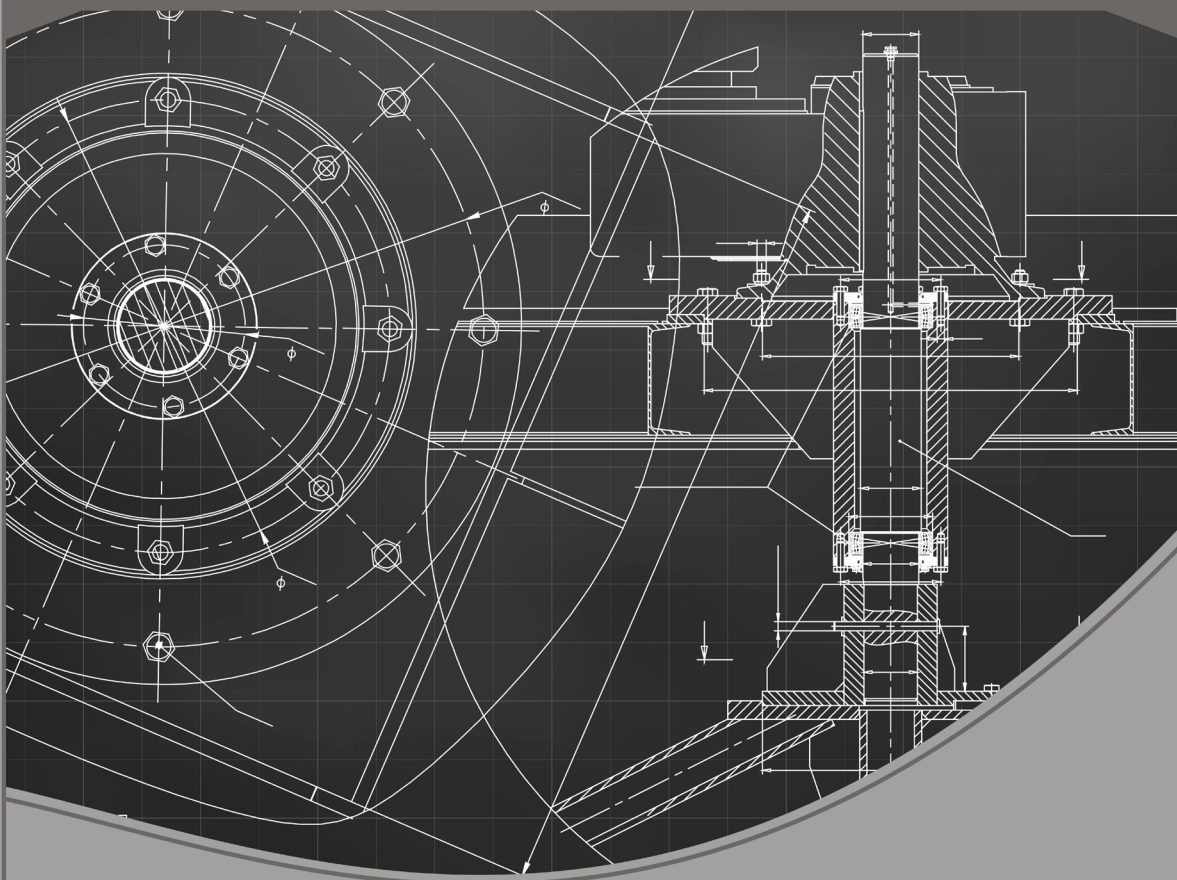
Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

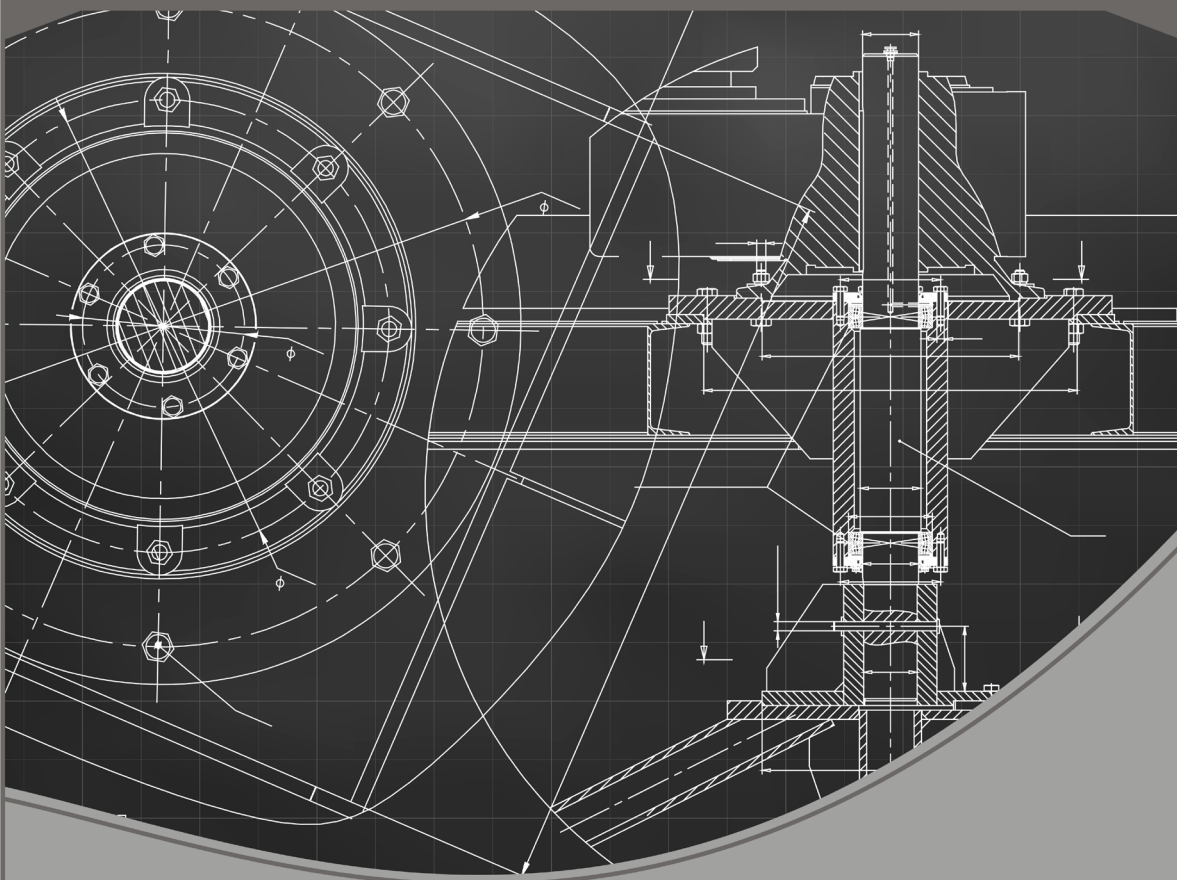
Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

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 Cremo

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
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Gírlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
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
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/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
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 / 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 978-65-5706-882-3

DOI 10.22533/at.ed.823211703

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

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

PROPRIEDADES FÍSICAS E QUALIDADE DE COLAGEM DE PAINEL COMPENSADO
PRODUZIDO COM LÂMINAS TERMORRETIFICADAS E RESINA POLIURETANA

Danilo Soares Galdino

Cristiane Inácio de Campos

Ricardo Marques Barreiros

DOI 10.22533/at.ed.8232117031

CAPÍTULO 2..... 9

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE LIGAS DE MEMÓRIA DE FORMA EM AERONAVES NÃO
TRIPULADAS

João Gabriel Benedito Duarte

Mayara Auxiliadora Castilho Benites

Victor Leone Rabito Chaves

Edson Godoy

Vanessa Motta Chad

Márcia Moreira Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.8232117032

CAPÍTULO 3..... 22

APLICAÇÃO DE UM MECANISMO BALANCE BAR A UM SISTEMA DE FREIO DE UM
VEÍCULO *OFF ROAD* DO TIPO BAJA

Gustavo da Rosa Fanfa

Bruno Almeida Nunes

Antonio Domingues Brasil

DOI 10.22533/at.ed.8232117033

CAPÍTULO 4..... 34

DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO ALTERNATIVO PARA
APROVECHAR LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA

Diógenes Manuel de Jesús Bustan Jaramillo

José Leonardo Benavides Maldonado

Andrea del Pilar Narváez Ochoa

DOI 10.22533/at.ed.8232117034

CAPÍTULO 5..... 48

AVALIAÇÃO TÉRMICA DE VEICULOS COM E SEM PELICULA TÉRMICA

Weverson Carlos Fortes

Maribel Valverde Ramirez

DOI 10.22533/at.ed.8232117035

CAPÍTULO 6..... 57

COMPARISON OF EXPERIMENTAL DATA AND PREDICTION MODELS OF MINIMUM
FLUIDIZATION VELOCITY FOR A RICE HUSK AND SAND MIXTURE IN FLUIDIZED BED

Fernando Manente Perrella Balestieri

Carlos Manuel Romero Luna

Ivonete Ávila

DOI 10.22533/at.ed.8232117036

CAPÍTULO 7..... 65

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA AVALIAÇÃO DOS ATUAIS PROCESSOS DE SECAGEM DE GRÃOS

José Roberto Rasi

Mario Mollo Neto

Roberto Bernardo

DOI 10.22533/at.ed.8232117037

CAPÍTULO 8..... 81

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA INTERFACE HÁPTICA PARA TESTES DE CONTROLE MOTOR. DESIGN E VALIDAÇÃO DE UMA NOVA INTERFACE MECÂNICA

Adriano Augusto Antongiovanni

Arturo Forner Cordero

DOI 10.22533/at.ed.8232117038

CAPÍTULO 9..... 100

BRAÇO ROBÓTICO UTILIZANDO SENSOR DE COR PARA SEPARAÇÃO DE OBJETOS

Airam Toscano Lobato Almeida

Gefté Alcantara de Almeida

Eduardo Garcia Medeiros

Douglas Pires Pereira Junior

Samuel Vasconcelos de Oliveira

Carlos Henrique Cruz Salgado

DOI 10.22533/at.ed.8232117039

CAPÍTULO 10..... 106

BENEFICIAMENTO DO MINÉRIO DE NIÓBIO ATRAVÉS DA CONCENTRAÇÃO POR PROCESSOS MECÂNICOS E SOLUÇÕES QUÍMICAS: ESTUDO TEÓRICO APROFUNDADO

Luiz Eduardo Ortigara

Mario Wolfart Júnior

Carlos Wolz

DOI 10.22533/at.ed.82321170311

CAPÍTULO 11..... 120

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE ECLUSAS PARA OS COMBOIOS PADRÃO TIETÊ

Antonio Eduardo Assis Amorim

DOI 10.22533/at.ed.82321170312

CAPÍTULO 12..... 131

DESENVOLVIMENTO DE UM CÓDIGO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO POR CAPTURA DE IMAGEM

Giovanni Luiz Fredo

Paulo Rogério Novak

DOI 10.22533/at.ed.82321170313

SOBRE OS ORGANIZADORES	142
ÍNDICE REMISSIVO.....	143

CAPÍTULO 12

DESENVOLVIMENTO DE UM CÓDIGO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO POR CAPTURA DE IMAGEM

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 15/01/2021

Giovanni Luiz Fredo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Pato Branco – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5769459920768957>

Paulo Rogério Novak

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Pato Branco – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/7766888778491590>

RESUMO: Nas últimas décadas, houve um aumento significativo de pesquisas na área de técnicas de medição sem contato. A fotogrametria, que é uma dessas técnicas, tem recebido atenção especial devido a sua praticidade, já que necessita basicamente de uma câmera digital doméstica e um computador, e por sua capacidade de alcançar medições em toda uma estrutura. Este trabalho tem como objetivo comprovar o funcionamento de um código computacional desenvolvido no programa livre Scilab para análise de vibração por captura de imagem, utilizando como base a fotogrametria digital. Para isso, dois sistemas foram analisados. O primeiro consiste na captação do sinal de um pêndulo simples, comparando os resultados de frequência natural obtidos com um modelo teórico. O segundo consiste em um sistema mecânico de um grau de liberdade, do qual os resultados foram comparados com a resposta teórica alimentada a partir de dados obtidos

por um sensor convencional de medição, neste caso foi utilizado um acelerômetro. O cálculo dos deslocamentos foi efetuado pelo algoritmo Correlação de Imagem Digital. Para ambos os sistemas foi constatada uma boa concordância nos deslocamentos, assim como a estimativa de frequência natural de cada um, da qual foram registradas diferenças de até 2,63%.

PALAVRAS - CHAVE: Fotogrametria.

Acelerômetro. Deslocamentos. Frequência Natural.

DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL CODE FOR VIBRATION ANALYSIS BY IMAGE CAPTURE

ABSTRACT: In the last decades, there has been a significant increase of researches in the área of non-contact measurement techniques. Photogrammetry, which is one of these techniques, has received special attention due to its practicality, as it requires basically one domestic digital camera and one computer, and due to its capability to achieve full-field measurement. The objective of this work is to verify the behavior of a computer code developed on the free software Scilab for vibration analysis by image capture, using as base the digital photogrammetry. For this, two systems were monitored. The first consists of the signal capture of a simple pendulum, comparing the achieved results of natural frequency with a theoretic model. The second one consists on a one degree of freedom mechanical system, which the achieved results were compared with the theoretic response fed with the data achieved from a conventional sensor of measurement, in

this case an accelerometer was used. The computation of the displacements was made by algorithm Digital Image Correlation. For both systems a good agreement was detected in the displacements, as well as the estimation of each natural frequency, which were registered differences until 2,63%.

KEYWORDS: Photogrammetry. Accelerometer. Displacements. Natural Frequency.

1 | INTRODUÇÃO

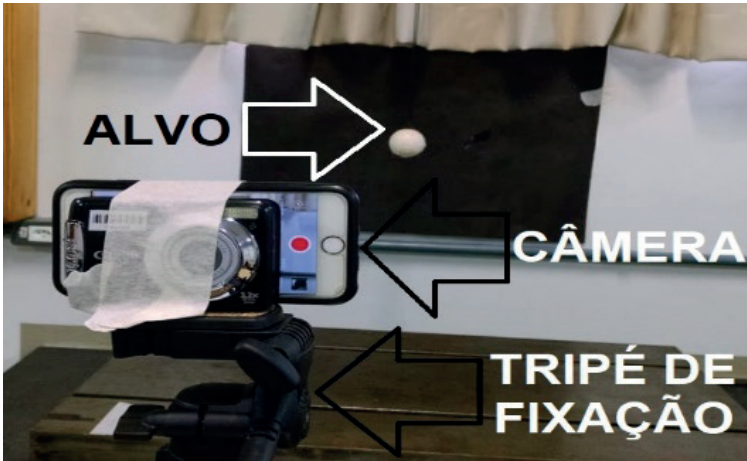
A necessidade de uma manutenção adequada e de qualidade na indústria vem aumentando com o passar do tempo. É nesse pensamento que se encaixa a ideia deste trabalho, já que a análise de vibração é uma das técnicas mais utilizadas na manutenção preditiva.

A análise por captura de imagem vem como uma alternativa de menor custo e mais simples quando comparada à métodos tradicionais de medição de vibração, como acelerômetros, já que não necessita de contato direto com a estrutura e para realiza-la necessita apenas de uma câmera digital comum e um computador.

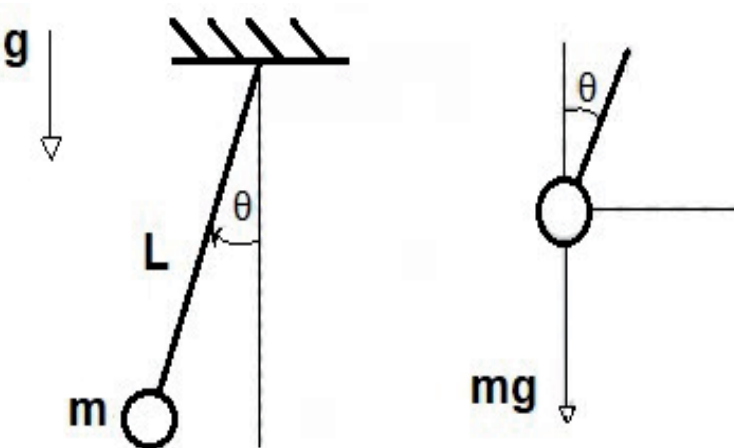
O objetivo deste trabalho é desenvolver um código computacional aplicado a análise de vibração por imagem utilizando a linguagem de programação do programa livre Scilab, assim como aplicar testes de comparação teórico experimental do processamento de imagem. Para os testes, dois sistemas foram analisados. O primeiro, a captação do sinal do pêndulo simples, comparando os resultados de frequência natural com um modelo teórico. O segundo, uma barra com uma mola acoplada, comparando os resultados obtidos com a resposta teórica alimentada a partir de um sensor tradicional de medição, um acelerômetro.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para o primeiro teste, um pêndulo simples foi montado no Laboratório de Vibrações da UTFPR Campus Pato Branco. Na Figura 1, é mostrado o aparato experimental, assim como o esquema teórico do mesmo.



(a)



(b)

Figura 1 – Pêndulo simples: (a) aparato experimental; (b) modelo teórico.

Fonte: (a) autoria própria; (b) adaptada de Sotelo Jr. e França (2006).

O movimento do pêndulo pode se definir pelo ângulo θ (RAO, 2009), sendo descrito por uma função seno. Supondo vibração livre, que a barra de comprimento L possua uma massa desprezível e que não há dissipação de energia, aplica-se a segunda lei de Newton para translação e rotação, do qual se chega a Equação Diferencial Ordinária (EDO) demonstrada pela Equação (1).

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \left(\frac{g}{L}\right) \text{sen}(\theta) = 0 \quad (1)$$

Considerando $\theta \ll 1$, faz-se a aproximação $\text{sen}(\theta) \approx \theta$. Portanto, substituindo na

Equação (1) e resolvendo a EDO, chega-se a Equação (2), que define a frequência natural do pêndulo simples (f), dada em Hertz.

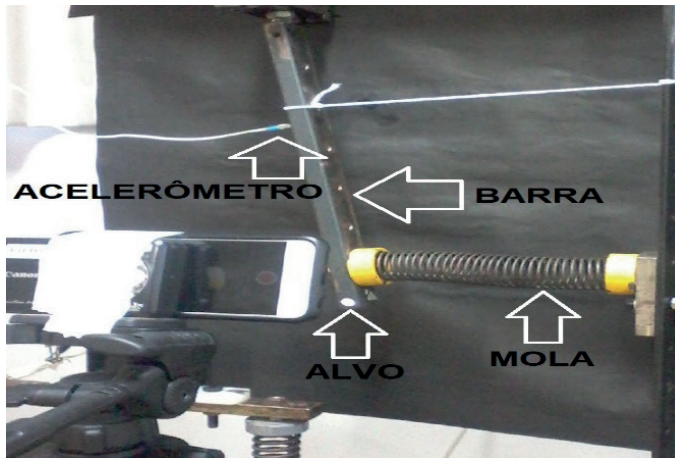
$$f = \sqrt{\frac{g}{L}} \frac{1}{2\pi} \quad (2)$$

Pela Equação (2), nota-se que a frequência natural depende apenas da aceleração da gravidade $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ e do comprimento conhecido $L = 1,75 \text{ m}$. Foram realizadas medições em duas distâncias Δx diferentes entre alvo (bola de sinuca) e a câmera digital (celular), sendo elas 60 cm e 1,5 m, com o pêndulo tendo excitação manual. Para cada distância, duas excitações iniciais foram feitas, uma com o ângulo θ muito pequeno e outra com θ maior.

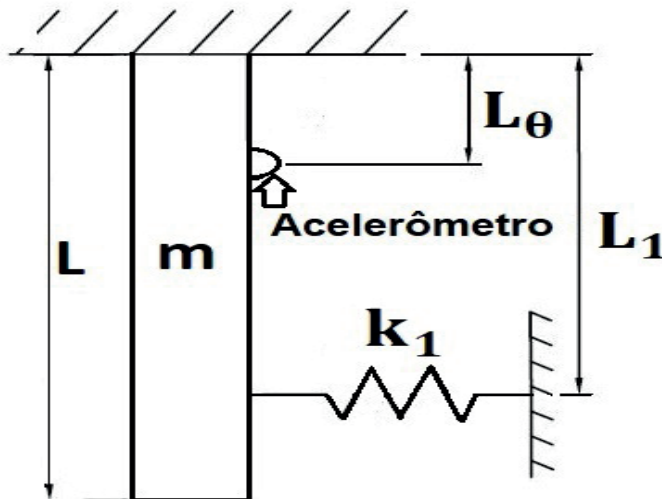
Para cada caso um vídeo de 45 segundos foi gravado pela câmera de um celular iPhone, com gravação a 30 frames por segundo (fps) e resolução de imagem 1920 x 1080 pixels. Ressalta-se que as frequências naturais devem estar abaixo de 10 Hz, pois a câmera grava a 30 fps, ou 30 Hz, e pelo critério de Nyquist, a frequência de vibração do sistema monitorado deve ser menor que a metade deste valor (PEDRINI; SCHWARTZ, 2008).

Todos os vídeos foram gravados com o flash da câmera ligado e as luzes apagadas. Para todos os casos, esperava-se uma frequência natural (f) de aproximadamente 0,38 Hz. Para o desenvolvimento do código e processamento das imagens, foi utilizado um notebook de processador AMD A10-5745M APU com Radeon™ HD Graphics de 2,10 GHz e memória RAM instalada 8,00 GB, e o programa livre Scilab.

Para o segundo teste, uma barra rígida de comprimento $L = 400 \text{ mm}$, massa $m = 1,693 \text{ kg}$, foi posicionada na vertical conforme é mostrado na Figura 2, pinada em uma das pontas, com uma mola de rigidez $k_1 = 309,25 \text{ N/m}$ a uma distância $L_1 = 343 \text{ mm}$ da ponta superior e um acelerômetro a uma distância $L_g = 160 \text{ mm}$. O sistema foi colocado em movimento com excitação manual, monitorado com o acelerômetro e filmado ao mesmo tempo em duas situações: primeiro sem o uso do flash e luzes ligadas, e segundo com o uso do flash e luzes desligadas. Em ambos os casos a distância entre o alvo (barra) e a câmera foi de 50 cm e para cada situação um vídeo de 25 segundos foi gravado.



(a)



(b)

Figura 2 – Barra: (a) aparato experimental; (b) modelo teórico.

Fonte: autoria própria.

Como pode ser visto na Figura 2, um alvo foi demarcado a uma distância $L_0 = 382$ mm da ponta superior para a monitoria do movimento. Como no primeiro teste, um modelo teórico foi desenvolvido. Considerando o movimento da barra em vibração livre e que não há dissipação de energia no sistema, aplicou-se a segunda lei de Newton, do qual se chegou a EDO demonstrada pela Equação (3).

$$I_0 \frac{d^2\theta}{dt^2} + \left((k_1 L_1^2) + \left(mg \frac{L}{2} \right) \right) \theta = 0 \quad (3)$$

Onde I_0 é o momento de inércia da barra, dado pela Equação (4).

$$I_0 = \frac{mL^2}{3} \quad (4)$$

Supondo uma solução para a EDO do tipo $\theta(t) = \theta \cos(\omega t - \varphi)$, chega-se a conclusão que a frequência natural da barra (f) em Hertz, é dada pela Equação (5).

$$f = \sqrt{\frac{(k_1 L_1^2) + (mg \frac{L}{2})}{I_0}} \frac{1}{2\pi} \quad (5)$$

Substituindo os valores mostrados na Equação (5), chega-se a uma frequência natural do modelo teórico de 3,34 Hz. Usando as condições de contorno: aceleração inicial (α_0) indicada pelo acelerômetro e partindo do repouso, ou seja, velocidade inicial (v_0) igual a zero, obtém-se as constantes do modelo teórico, das quais o ângulo φ possui valor zero. Portanto, a solução é dada pela Equação (6).

$$\theta(t) = -\frac{\alpha_0}{\omega^2} \cos(\omega t) \quad (6)$$

Onde ω é o valor da frequência natural dada em rad/s, ou seja, $\omega = 2\pi f$. Esta equação representa o movimento em qualquer ponto da barra. Como o interesse é analisar o deslocamento no alvo, multiplicamos a Equação (6) pela distância L_0 . O valor de frequência natural detectado pelo acelerômetro foi $f=3,005$ Hz, portanto $\omega = 18,88$ rad/s para ambos os casos.

Para o caso sem flash, o valor obtido pelo acelerômetro ficou $\alpha_0=4,08$ m/s². Substituindo este e o valor de ω na Equação (6), chega-se na Equação (7), a qual descreve o deslocamento teórico no alvo em milímetros para este caso.

$$\theta(t) = -27,33 \cos(18,88t) \quad (7)$$

Como o deslocamento detectado pelo código no Scilab nos dá um resultado em pixels, um ajuste foi feito para que ambas as curvas ficassem na mesma unidade. Para isso, a raiz do valor quadrático médio das curvas experimentais e teóricas foi calculado, uma razão entre estes foi efetuada e então multiplicada na curva experimental.

Após isto, uma Transformada Rápida de Fourier (FFT – *Fast Fourier Transform*) foi aplicada em ambas as curvas para chegar ao domínio da frequência do sistema.

Para o caso com o flash, o valor obtido foi $\alpha_0=6,66$ m/s². Seguindo os mesmos passos, chega-se na Equação (8), que demonstra o deslocamento para este caso.

$$\theta(t) = -44,60 \cos(18,88t) \quad (8)$$

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 3, 4 e 5 são mostrados os resultados do primeiro teste. O intervalo de tempo analisado foi de 0 a 8,0 segundos e o intervalo de frequência foi de 0 a 0,65 Hz. Nota-se pela Figura 3, que para pequenas oscilações a análise se mostrou ineficaz. Isso se deu pela ocorrência de uma sobreposição dos alvos devido a pequenas oscilações. Portanto não realizou-se o teste de pequenas oscilações para a outra distância. Pelos resultados, nota-se que a frequência natural (f) se deu em torno de 0,37 Hz para todos os casos de maiores oscilações, o que é bem próximo ao valor teórico.

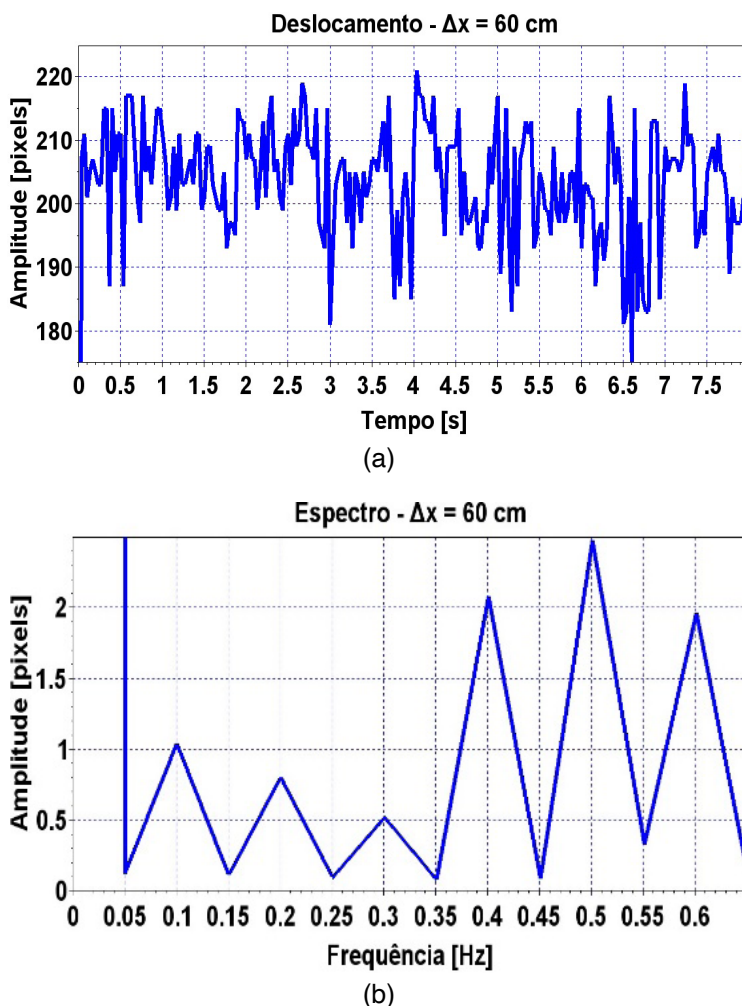
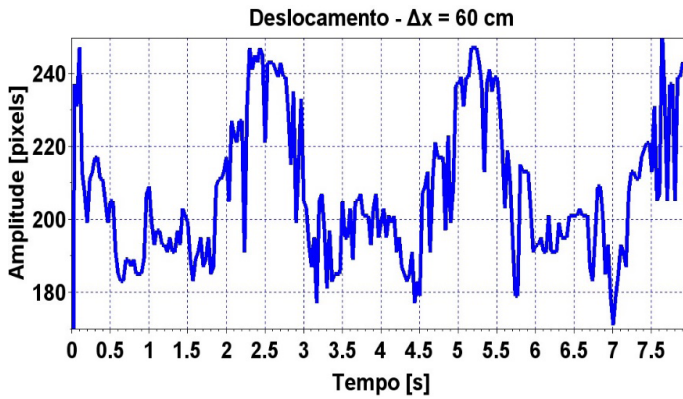
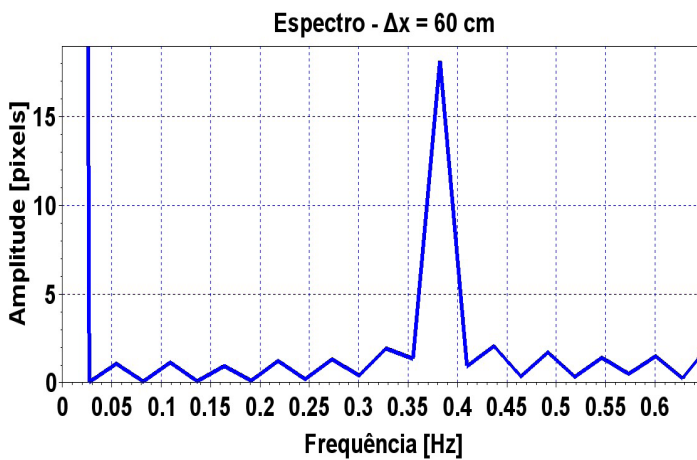


Figura 3 – Resultado para θ muito pequenos: (a) no tempo; (b) na frequência.

Fonte: autoria própria



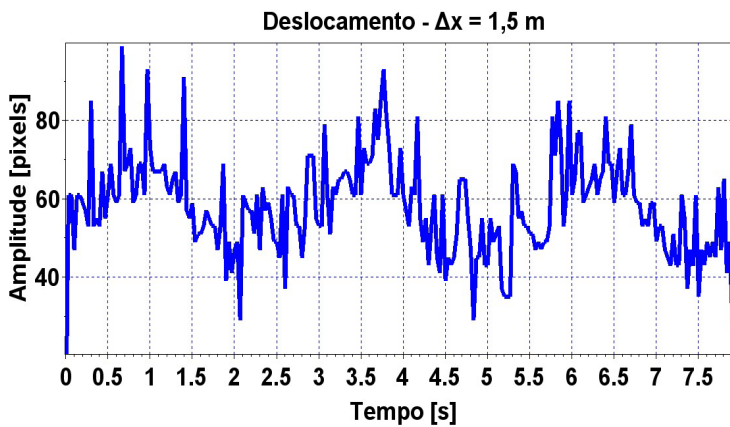
(a)



(b)

Figura 4 – Resultado para θ maiores: (a) no tempo; (b) na frequência.

Fonte: autoria própria



(a)

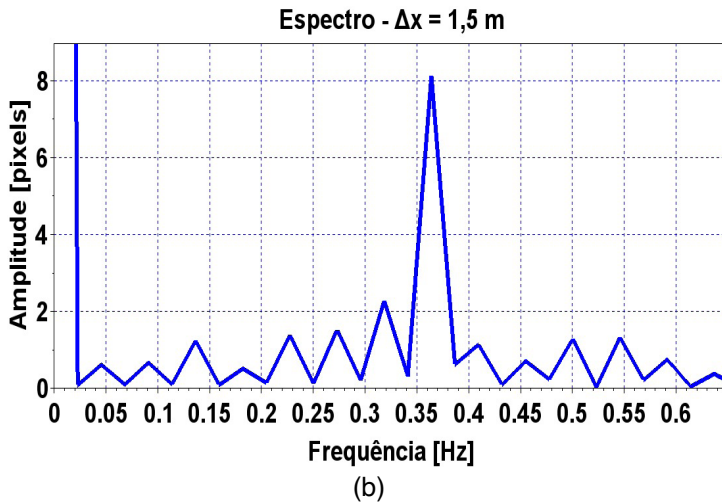
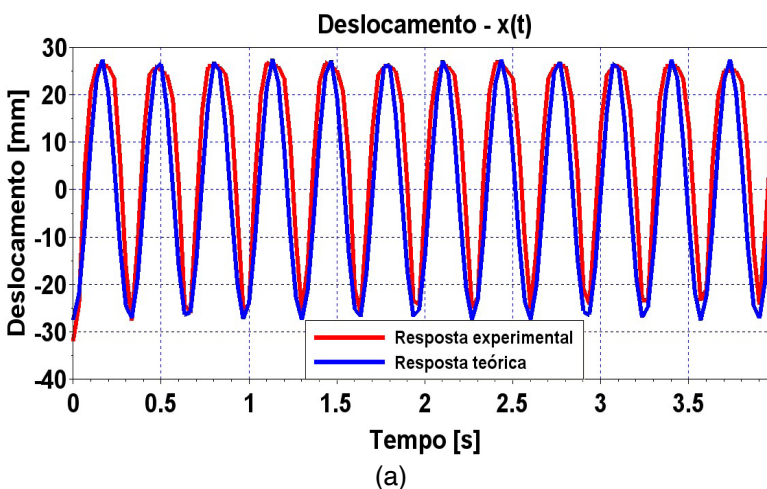


Figura 5 – Resultado para θ maiores: (a) no tempo; (b) na frequência.

Fonte: autoria própria

Nas Figuras 6 e 7, são mostrados os resultados do segundo teste, comparando os resultados do modelo teórico com a resposta experimental obtida com o código. Neste caso, o intervalo de tempo analisado foi de 0 a 4 segundos e o de frequência foi de 0 a 6,0 Hz. Pelos resultados, nota-se que para ambos os casos a comparação teórico experimental do processamento de imagem possui concordância, principalmente quando observado o domínio da frequência, do qual a frequência natural (f) se deu em torno de 3,2 Hz.

A diferença para o valor calculado analiticamente se deve ao fato de o sistema ter sido considerado vibração livre, quando na verdade ocorreu um amortecimento.



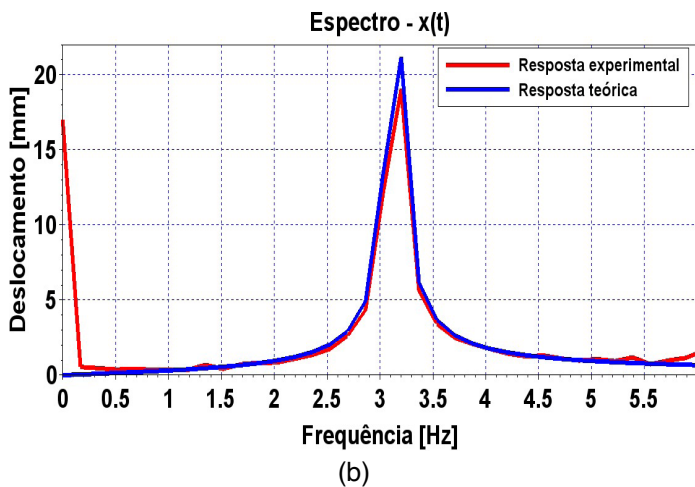


Figura 6 – Resultado caso sem flash: (a) no tempo; (b) na frequência.

Fonte: autoria própria

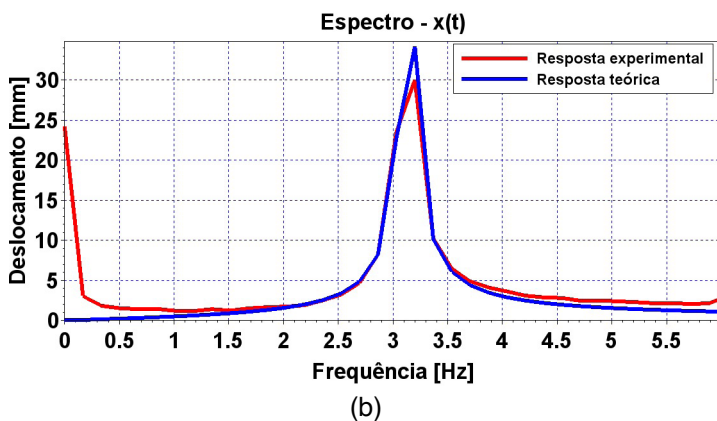
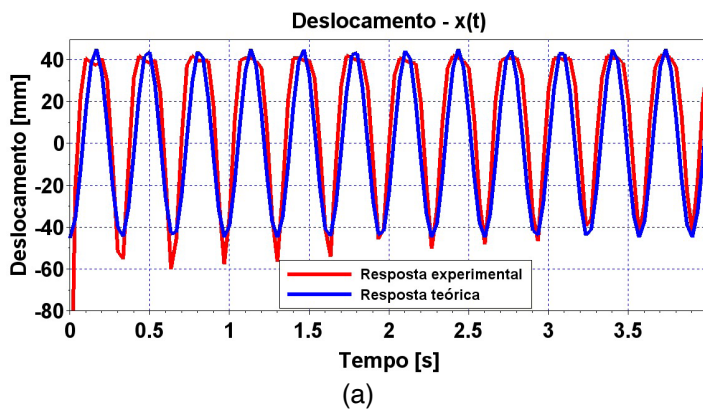


Figura 7 – Resultado caso com flash: (a) no tempo; (b) na frequência.

Fonte: autoria própria

4 | CONCLUSÃO

Com o primeiro teste, é possível afirmar que para oscilações muito pequenas este código não foi eficaz. Já para oscilações maiores, o mesmo mostrou-se consistente, chegando a 2,63% de diferença teórico experimental para frequência natural.

Com o segundo teste, conclui-se que o sinal sem flash se comportou de forma mais consistente do que o com flash, porém ambos os resultados de frequência natural foram satisfatórios, com até 0,63% de diferença teórico experimental.

REFERÊNCIAS

PEDRINI, H.; SCHWARTZ, W. R. Análise de Imagens Digitais. **Princípios, Algoritmos e Aplicações**, São Paulo, 2008. Thomson.

RAO, S. S. **Vibrações Mecânicas**. 4 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SOBRE OS ORGANIZADORES

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

JOÃO DALLAMUTA - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre em engenharia elétrica pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acelerômetro 122, 127, 131, 132, 134, 136

Aquecimento 9, 10, 11, 35, 48, 49, 56, 70, 71

B

Baja 22, 23, 24, 26, 32, 33

Balance 22, 23, 27, 28, 29, 30, 99

Beneficiamento 80, 106, 108, 109, 110, 116, 117

Bombas 13, 34, 37, 39, 43, 47

Braço robótico 100, 101, 104, 105

C

Características físicas 1

Carro 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56

Casca de arroz 57, 58

Ciclo de vida 95

Colagem 1, 2, 4, 5, 7, 8, 92, 93

D

Deslamagem 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 116, 117, 118

Deslocamentos 131

E

Efeito estufa 49, 57

Energia elétrica 34, 36, 37, 40

Energia mecânica 34, 36, 37, 38, 40

Energia potencial 34, 36, 37

F

Flotação 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119

Fotogrametria 131

Freios 22, 23, 24, 25, 27

Frequência natural 131, 132, 134, 136, 137, 139, 141

H

Hidrovia 120, 121, 124, 129

I

Interface háptica 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 97, 98

L

Leito fluidizado 57, 58

M

Métodos de secagens 65

Mistura 57, 58, 116

Moagem 106, 108, 109, 110, 111, 112, 117, 118, 119

N

Nióbio 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 118, 119

O

Off road 22, 23

P

Painel compensado 1, 2

Película térmica 48, 49, 55

R

Resina poliuretana 1, 2, 3, 7

S

Secadores 65, 72, 74, 75

Segurança da navegação 120, 129, 130

Sensor de cor 100, 101, 102, 104

Separação 100, 104, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 117, 118

T

Temperatura 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 17, 19, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 107

Termorretificação 1, 2, 4, 5, 7, 8

Teste controle 81

Turbinas 14, 34, 38

U

Umidade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 73, 74, 75

V

Variação 22, 23, 26, 27, 68, 104

Velocidade 18, 35, 38, 39, 45, 50, 57, 58, 64, 68, 69, 70, 85, 89, 103, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 136

Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora
Ano 2021

Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021