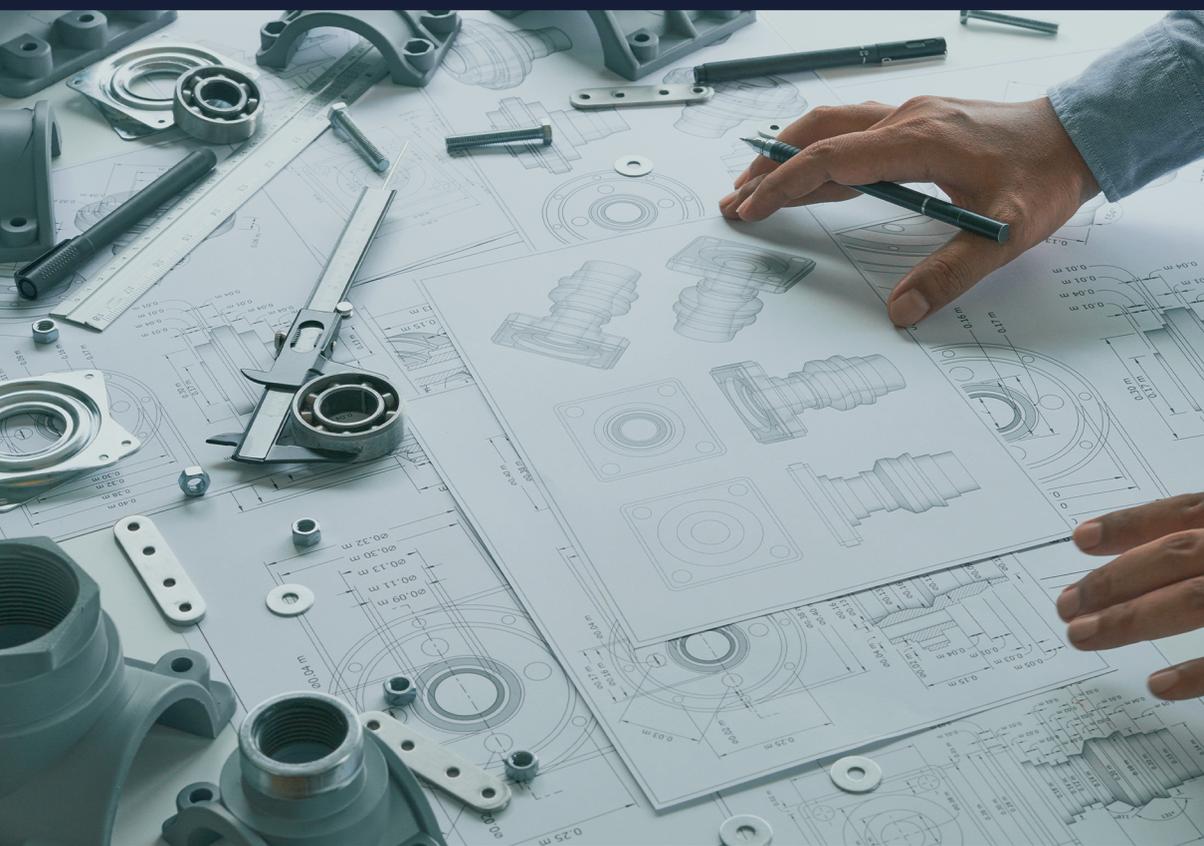


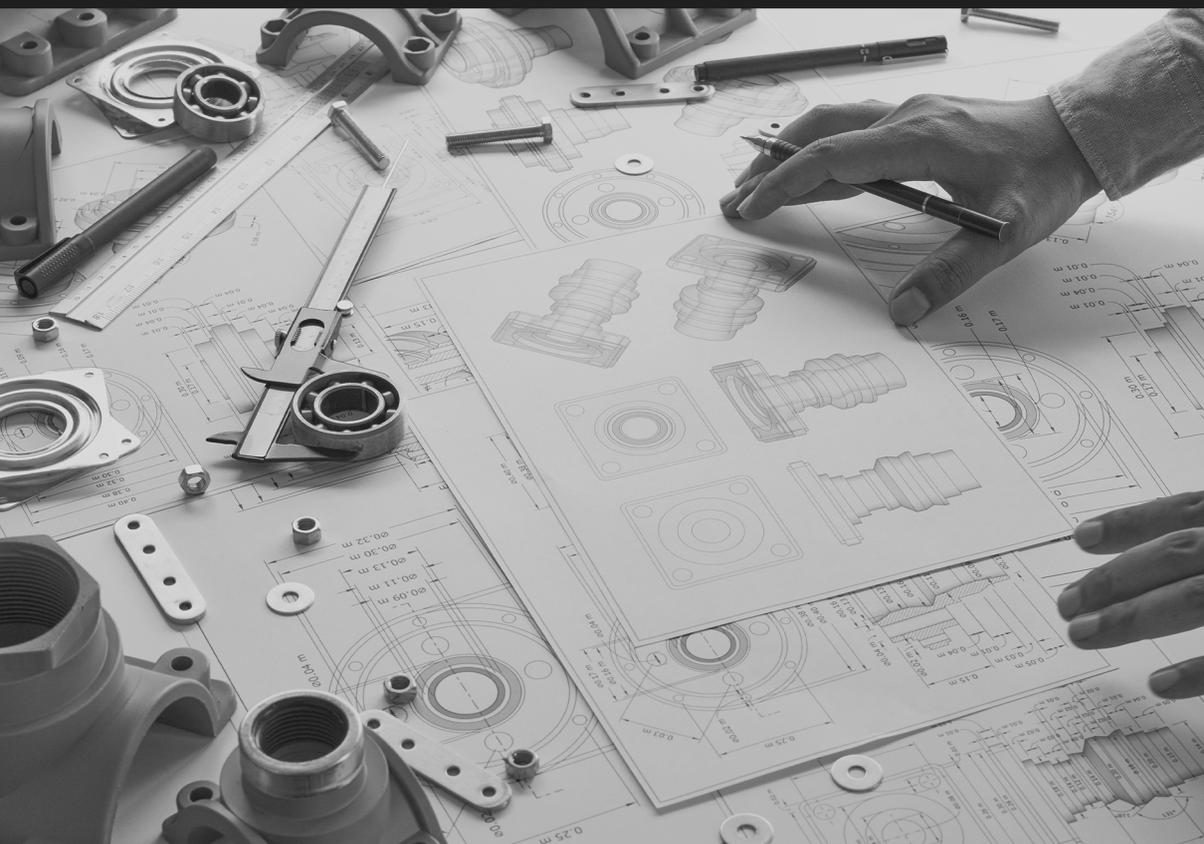
ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)


Atena
Editora
Ano 2020

ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena
Editora
Ano 2020

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

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^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 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^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. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza 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. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. 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 Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Atividades científicas e tecnológicas no campo da engenharia mecânica

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A872 Atividades científicas e tecnológicas no campo da engenharia mecânica / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-486-3

DOI 10.22533/at.ed.863202610

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

APRESENTAÇÃO

Em um cenário cada vez mais competitivo, desenvolver novas maneiras de melhoria nos processos industriais, bem como para o próprio dia a dia da população é uma das buscas constantes das áreas de engenharia.

Desta forma buscar evitar ou prever falhas em sistemas é de vital importância, destacando-se o desenvolvimento de novos materiais, bem como de métodos analíticos e práticos para detecção. Entre os materiais os compósitos veem ganhando cada vez mais espaço devido a sua versatilidade, aliando resistência e peso.

Já para detecção de falhas os métodos de análise de vibrações é quase que unanimidade quando se quer um pleno funcionamento dos equipamentos. O estudo das análises de vibrações em sistemas vem ganhando cada vez mais espaço nos projetos, pois a redução dessas na maioria dos casos acarreta em uma maior vida útil ou um melhor funcionamento dos conjuntos.

Neste livro são apresentados trabalhos relacionados a engenharia mecânica, dentro de uma vertente teórico/prática onde busca-se retratar assuntos atuais e de grande importância para estudante, docentes e profissionais.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ABORDAGEM DE DETECÇÃO DE AVARIAS EM SISTEMA DINÂMICO UTILIZANDO TÉCNICA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

João Marcelo Abreu Bernardi

Edson Hideki Koroishi

DOI 10.22533/at.ed.8632026101

CAPÍTULO 2..... 12

UTILIZAÇÃO DE ATUADORES ELETROMAGNÉTICOS PARA O CONTROLE DE VIBRAÇÃO EM UMA VIGA DE MATERIAL COMPÓSITO

Andrei Santos Oliveira

Camila Albertin Xavier da Silva

Edson Hideki Koroishi

Romeu Rony Cavalcante da Costa

Marco Túlio Santana Alves

DOI 10.22533/at.ed.8632026102

CAPÍTULO 3..... 21

CONTROLE ATIVO DE VIBRAÇÕES APLICADO A UMA VIGA FLEXÍVEL UTILIZANDO ATUADORES ELETROMAGNÉTICOS

Matheus Rincon Modesto Maroni

Edson Hideki Koroishi

DOI 10.22533/at.ed.8632026103

CAPÍTULO 4..... 31

SUPRESSÃO DO FENÔMENO DE FLUTTER EM PAINÉIS COMPÓSITOS AERONÁUTICOS VIA TÉCNICA DE CONTROLE PASSIVO

Lorrane Pereira Ribeiro

Antônio Marcos Gonçalves de Lima

DOI 10.22533/at.ed.8632026104

CAPÍTULO 5..... 42

FABRICAÇÃO DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO BASEADO EM UM GUINDASTE

Ana Carolina Dantas Rocha

Eduardo Victor Lima Barboza

José Leonardo Nery de Souza

Otávio Clarindo Lopes Filho

Adriano Marinheiro Pompeu

Dheiver Francisco Santos

DOI 10.22533/at.ed.8632026105

CAPÍTULO 6..... 56

GANHO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO POR ENRIJECEDOR EM CHAPA DOBRADA A FRIO

João Paulo Marques de Aquino

João de Jesus dos Santos

Lais Amaral Alves

DOI 10.22533/at.ed.8632026106

CAPÍTULO 7..... 70

PADRONIZAÇÃO DE MATERIAIS COMO MEIO DE ECONOMIA EM SUPRIMENTO DE BENS: UM ESTUDO DE CASO

Patrícia Aparecida Casteluber Nascimento

Gabrielle Silva Ribeiro

Beatriz Marvila Borges

Letícia dos Santos Sciortino

DOI 10.22533/at.ed.8632026107

CAPÍTULO 8..... 77

A GENERALIZED INTEGRAL TRANSFORMED TECHNIQUE: LITERATURE REVIEW AND COMPARATIVE RESULTS WITH FINITE VOLUME METHOD

Hildson Rodrigues de Queiroz

Flavio Maldonado Bentes

Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

Fabiano Battemarco da Silva Martins

DOI 10.22533/at.ed.8632026108

CAPÍTULO 9..... 101

UTILIZAÇÃO DE WC NA MOAGEM DE ALTA ENERGIA DE CAVACOS DE AÇO ALTO CROMO

Roberta Alves Gomes Matos

Bruna Horta Bastos Kuffner

Gilbert Silva

DOI 10.22533/at.ed.8632026109

SOBRE OS ORGANIZADORES 108

ÍNDICE REMISSIVO..... 109

CAPÍTULO 1

ABORDAGEM DE DETECÇÃO DE AVARIAS EM SISTEMA DINÂMICO UTILIZANDO TÉCNICA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Data de aceite: 01/10/2020

João Marcelo Abreu Bernardi

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio – Paraná

Edson Hideki Koroishi

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio – Paraná

RESUMO: Esse trabalho tem como intuito identificar avarias e mensurar os valores das propriedades físicas de um sistema dinâmico de dois graus de liberdade utilizando inteligência artificial. Inicialmente a rede neural artificial (RNA) foi utilizada para identificar se o sistema está com alteração, a partir do deslocamento no tempo, e posteriormente como ponto de partida para que a evolução diferencial (ED) encontre os valores dos parâmetros. O principal objetivo é auxiliar nas tomadas de decisão no gerenciamento de ativos.

PALAVRAS CHAVE: Sistema Dinâmico, Inteligência Artificial, Rede Neural Artificial (RNA) e Evolução Diferencial (ED).

ABSTRACT: This work aims to identify malfunctions and measure the values of the physical properties of a dynamic system of two degrees of freedom using artificial intelligence. First, the artificial neural network (ANN) will be used to identify whether the system is modified, from time displacement, and later as a starting point for the differential evolution (ED) to find the

parameter values. The main objective is to assist in asset management decision making.

KEYWORDS: Dynamic System, Artificial Intelligence, Artificial Neural Network (ANN) e Differential Evolution (ED).

1 | INTRODUÇÃO

O diagnóstico de avarias vem recebendo atenção de pesquisadores por suas várias aplicações. Com isso métodos inteligentes foram integrados com métodos de processamento de sinal para automatizar o diagnóstico de avarias. A lógica *fuzzy*, redes neurais, máquina de vetores de suporte e sistemas imunológicos artificiais são técnicas empregadas em problemas de detecção de avarias para motores de indução. Um sistema inteligente reconhece os recursos gerados no estágio de pré-processamento através de um método de processamento de sinal e os usa com uma assinatura on-line para identificar o tipo de avaria (AYDIN, KARAKOSE e AKIN, 2013).

O conceito de sistemas inteligentes é um desejo de muito tempo que tem como objetivo sistemas mecânicos independentes. Com isso em mente as redes neurais artificiais (RNA) tem campo de pesquisa em diversas áreas de aplicações, tais como: Análise de imagens, escritas e áudios e controle de sistemas. (DA SILVA, SPATTI e FLAUZINO, 2010).

As técnicas de inteligência artificial, como pode ser visto, tem uma grande área de aplicação nas mais diversas áreas sendo uma delas a de detecção de avarias, neste projeto será apresentada uma abordagem na qual se utilizara de redes neurais artificiais e evolução diferencial para que se identifique avarias e os parâmetro um determinado sistema.

2 | PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Segundo Silva, Spatti e Flauzino (2010), a RPM é uma evolução da rede perceptron, sendo que a principal diferença estrutural está no número de camadas intermediárias de neurônios, que fica entre a camada de entrada e a de saída. Como pode ser visto na Figura 1.

Como é notada na figura 1 os sinais externos, originados da aplicação, são propagados uma a uma em direção à camada neural de saída do RPM. As saídas da primeira camada escondida são as próprias entradas dos neurônios da segunda camada escondida, por consequência esta saída corresponde as entradas da camada neural de saída.

No caso das redes RPM o processo de treinamento da rede é feito utilizando o algoritmo backpropagation, também conhecido como regra de Delta generalizada. Tendo identificado os parâmetros da estrutura se utilizando da RPM o próximo passo é usar a Evolução Diferencial (ED) para refinar os valores.

O algoritmo da ED é uma otimização simples no âmbito de aplicações não lineares com variáveis contínuas que é o caso dos sistemas dinâmicos. Tendo sua primeira publicação feita por Storm e Price (1995), ele foi ganhando seu espaço e mostrando a robustez do método nas mais diversas aplicações. (GUIMARÃES, 2009)

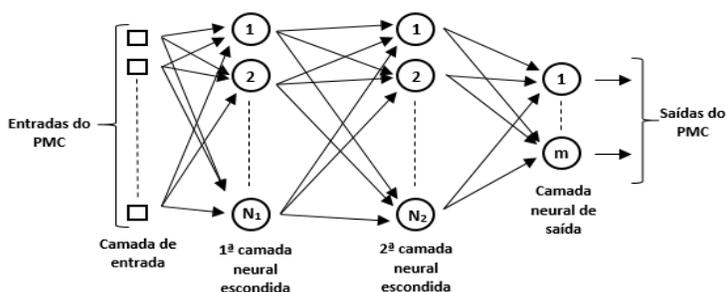


Figura 1 - Ilustração de rede Perceptron múltiplas camadas. (SILVA, SPATTI e FLAUZINO, 2010)

Tendo como base a combinação dos operadores de mutação e cruzamento para selecionar candidatos potenciais procurando solucionar questões no âmbito da otimização (BANERJEE e ABU-MAHFOUZ, 2014)

O método segue um esquema de solução com algumas etapas bases, sendo elas: mutação, cruzamento e seleção. Sendo essas mesmas testadas por exaustão até se chegar ao critério de parada, conforme mostra a Figura 2.

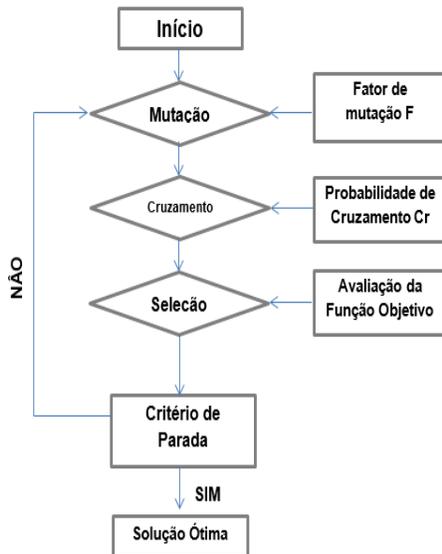


Figura 2 - Etapas do algoritmo ED.

Fonte: Autoria própria

As técnicas descritas acima foram utilizadas de duas formas no estudo, sendo na identificação de avarias em um sistema com dois graus de liberdade (Figura 3) e depois na identificação dos parâmetros do sistema.

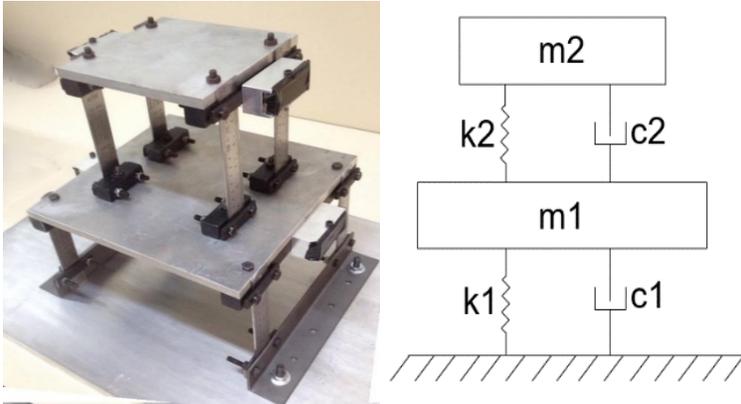


Figura 3 - Representação sistema de dois graus de liberdade

Fonte: Autoria própria.

3 I METODOLOGIA

Simulações para um sistema com dois graus de liberdade, conforme figura 3 e tabela 1 e utilizando-se do software Matlab®, foram feitas para avaliar o comportamento sem e com algumas alterações nos seus parâmetros. As simulações com modificações do sistema foram feitas acrescentando e reduzindo cerca de 20% do valor original do sistema para as propriedades de massa e rigidez para as mais diversas intensidades de excitação.

Valores dos parâmetros	
Massa 1 (m_1)	4,38262 kg
Massa 2 (m_2)	1,93959 kg
Rigidez 1 (k_1)	22492,50 N/m
Rigidez 2 (k_2)	14646,96 N/m
Amortecimento 1 (c_1)	21,66 N.s/m
Amortecimento 2 (c_2)	0,607 N.s/m

Tabela 1 - Valores dos parâmetros utilizados nas simulações

Fonte: REPINALDO, 2018

Na sequência utilizou-se a resposta do deslocamento em relação ao tempo para a construção de uma RNA de forma a determinar em qual parâmetro do sistema houve alteração caso tenha havido. Isso vai ser feito atribuindo valores de saída 0 e 1 para os seguintes casos: Caso A - Perca na massa, Caso B - Perca na rigidez, Caso C - Ganho na massa, Caso D - Ganho na rigidez e Caso E - Sem alteração nos parâmetros.

Em casos em que tiveram mudanças nos parâmetros a simulação foi feita de forma a variar individualmente um por vez. Para esta questão de identificação e quantificação dos parâmetros tanto a RNA e a evolução diferencial foram utilizadas.

4 | RESULTADOS

Os resultados dos estudos são divididos nas seguintes partes: Aplicação da rede neural na identificação de falha, da rede neural na identificação dos parâmetros e da evolução diferencial na identificação dos parâmetros.

4.1 Aplicação da rede neural na identificação de falha

Foram realizados 100 casos simulados para cada um dos seguintes casos: Perca e ganho de massa em m_1 , m_2 e m_1 e m_2 , perca e ganho de rigidez em k_1 , k_2 e k_1 e k_2 e sem perca nos valores das propriedades.

Para todos os casos, utilizou-se forças impulsivas que variaram no intervalo de acordo com a fórmula $F = 100 \cdot (0.1 + \text{rand})$, sendo *rand* um número aleatório de 0 a 1, e para os casos de perca e ganho houve limitações de valores de 20% no parâmetro para mais e para menos.

No total, obteve-se 1300 casos gerados de forma aleatória tanto para as mudanças nas propriedades quanto nas forças impulsivas para que se pudesse pegar os sinais. Desses sinais 10% de cada um deles foram separados para a validação após a construção da RNA.

O passo seguinte foi considerar 90% dos casos gerados a partir dos quais fez-se uma normalização utilizando a equação 1, para melhoramento de processamento, e foi construído uma rede neural contendo 5 camadas e 10 neurônios em cada uma delas, isso se deu pela quantidade de acertos obtidos, pelo tempo que se levou para que se pudesse gerar uma diferença de 1×10^{-8} entre os valores dos treinamentos e pelas quantidades de saídas que foram consideradas.

$$x_{norm} = \frac{(x_i - x_{minimo})}{x_{maximo} - x_{minimo}} \quad (1)$$

No qual, x_{norm} - Valor normalizado; x_i - Valor a ser normalizado; x_{minimo} - Menor valor do sinal e x_{maximo} - Maior valor do sinal.

Como dito na metodologia, a construção da primeira RNA tem como intuito determinar apenas se houve alterações nas propriedades tanto de ganho ou de perca, caso haja, foi considerado 5 saídas apenas, para os casos já citados.

As figuras 4 e 5 apresentam as diferenças entre os valores esperados e os encontrados. A partir destes resultados, observa-se que a quantidade de acerto para os dados utilizados na construção do RNA conseguiu classificar todos os 1170 casos, já nos separados para a validação ele obteve sucesso em 127 dos casos avaliados de 130 considerados.

4.2 Aplicação da rede neural na identificação dos parâmetros do sistema

Esta parte do estudo teve como intuito o levantamento dos parâmetros através da rede neural. Sendo construída uma rede neural para determinar a massa, a rigidez e o amortecimento.

O procedimento de teste e validação seguiu os mesmos passos da sessão anterior onde 90% dos dados foram utilizados para a construção das redes neurais e 10% para a validação, como foi feito no caso anterior. Os resultados estão sendo mostrados a seguir, sendo apresentados em teste e validação.

4.2.1 Resultados obtidos nos testes

O teste foi feito para analisar se as redes neurais construídas a partir dos mesmos dados testados estavam retornando bons resultados. A tabela 2 apresenta a média do erro do valor real e o encontrado.

Analisando a tabela 2 é possível ver que os valores menores, que são os valores de massa e amortecimento, apresentam uma maior dispersão em relação à média. Quanto ao valor de rigidez ele apresentou uma dispersão muito pequena.

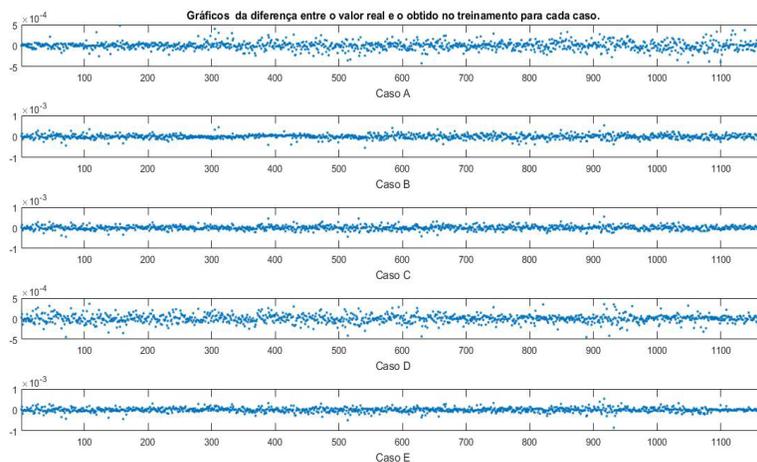


Figura 4 - Diferença entre os valores reais e os obtidos na saída para os valores utilizados na construção da RNA.

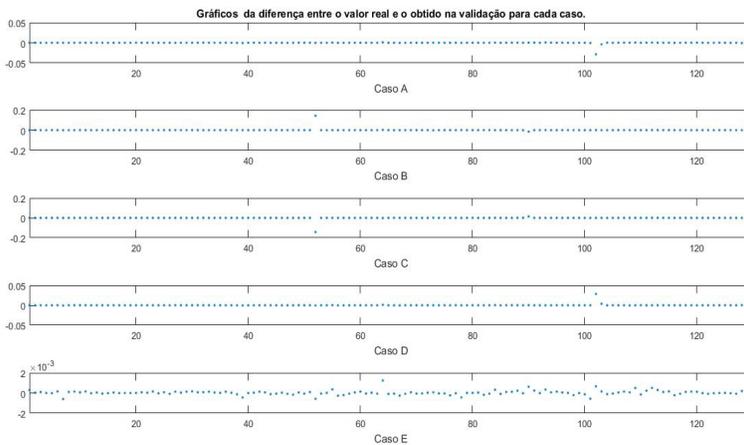


Figura 5 - Diferença entre os valores reais e os obtidos na saída para os valores utilizados separados para avaliação do RNA.

	Ganho de massa (%)	Perca de massa (%)	Ganho de rigidez (%)	Perca de rigidez (%)
Massa 1	1,7658 ± 1,7275	5,3146 ± 3,6465	3,8789 ± 2,5010	0,4531 ± 0,3696
Massa 2	2,1578 ± 1,8311	5,9893 ± 5,1329	4,1598 ± 2,8900	0,5965 ± 0,5141
Rigidez 1	0,0003 ± 0,0002	0,0006 ± 0,0005	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001
Rigidez 2	0,0004 ± 0,0004	0,0012 ± 0,0011	0,0006 ± 0,0011	0,0008 ± 0,0016
Amortecimento 1	0,0612 ± 0,0192	0,0477 ± 0,0289	1,1614 ± 0,9074	0,3860 ± 0,3483
Amortecimento 2	1,5500 ± 1,3483	4,1680 ± 1,4853	11,1423 ± 9,2339	2,8744 ± 2,2341

Tabela 2 - Média dos erros dos resultados dos testes

4.2.2 Resultados obtidos na validação

Quanto aos resultados obtidos na validação, que tem como intuito validar as redes neurais construídas, ele é exposto na tabela 3.

	Ganho de massa (%)	Perca de massa (%)	Ganho de rigidez (%)	Perca de rigidez (%)
Massa 1	3,6625 ± 5,2133	5,7708 ± 3,7423	3,8835 ± 2,2062	0,6090 ± 0,5212
Massa 2	4,1715 ± 6,8203	5,6171 ± 5,1749	4,268 ± 2,2835	0,6481 ± 0,5322
Rigidez 1	0,0005 ± 0,0006	0,0007 ± 0,0005	0,00009 ± 0,00007	0,0001 ± 0,0001
Rigidez 2	0,0012 ± 0,0019	0,0015 ± 0,0013	0,7146 ± 0,9800	1,7883 ± 4,2333
Amortecimento 1	0,0586 ± 0,0307	0,0575 ± 0,0478	1,6943 ± 1,3584	0,8411 ± 0,8463
Amortecimento 2	1,7204 ± 1,6318	4,7350 ± 1,8494	11,0899 ± 9,5020	3,2915 ± 2,5470

Tabela 3 - Média dos erros dos resultados da validação

Pode se notar que a variação dos resultados obtidos não se difere muito ao que foi apresentado nos testes (tabela 2), apresentando maiores erros nos valores menores e maior dispersão em relação ao valor real.

4.3 Aplicação da evolução diferencial identificar os parâmetros do sistema

A aplicação da evolução diferencial tem como objetivo identificar os valores dos parâmetros físicos do sistema, para os casos A, B, C e D. Em todos os casos foram feitas 30 iterações com três tamanhos de população diferentes. As populações iniciais foram formadas a partir de valores simulados, como se fossem obtidos na etapa anterior do estudo (RNA), um valor limite superior e outro inferior, levando em consideração a porcentagem do erro para cada um dos casos. O restante da população seria dividido em metade entre o valor médio e o limite superior e a outra do valor médio ao limite inferior, resultando assim nas quantidades iniciais de indivíduos de 33, 63 e 93.

O intuito de delimitar o número de iterações e variar a quantidade de população foi avaliar o comportamento da busca e a convergência com o aumento populacional. Os resultados são apresentados pelas tabelas 5 e 6. As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram a resposta impulsiva medida na massa m_2 e sua FFT.

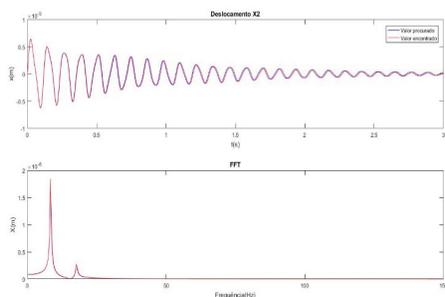


Figura 6 - Comportamento da m_2 encontrado na análise de Ganho de Massa (Caso C)

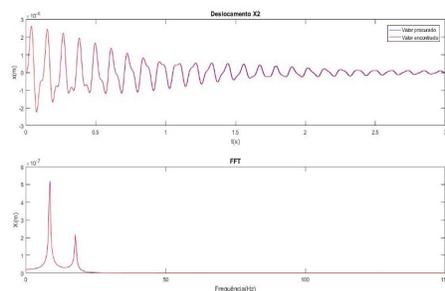


Figura 7 - Comportamento da m_2 encontrado na análise de Ganho de Rigidez (Caso D)

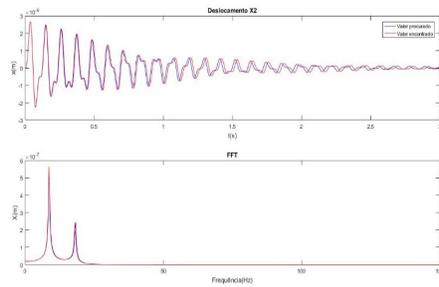


Figura 8 - Comportamento da m2 encontrado na análise de Perca de Massa (Caso A)

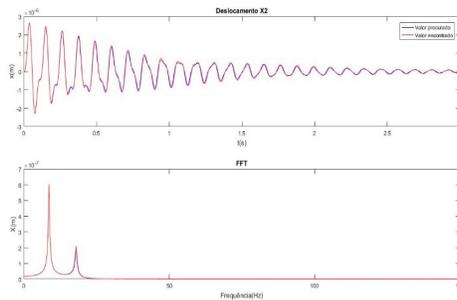


Figura 9 - Comportamento da m2 encontrado na análise de Perca de Massa (Caso B)

Ao analisar os resultados nota-se que os resultados obtidos com uma população inicial de 33 indivíduos já se encontram excelentes resultado com um gasto computacional muito menor, já que o tempo de processamento foi duas vezes maior para 63 e três vezes para 93 indivíduos. Se analisarmos os erros comparado ao que deveria ser encontrado os erros são muito baixos em todos os 3 tamanhos de população para os 4 casos, sendo os melhores resultados obtidos, nas maiorias dos casos, na menor população.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

No primeiro estudo vimos que na validação tivemos valores de acertos em 97,69% para identificação de avarias em sistemas, ao se aplicar o mesmo método para identificação de parâmetros não se tivemos o mesmo sucesso. Pode se notar que de forma geral os valores de erros foram altos para as massas e amortecimento, sendo que em houve erro próximo a 11%.

Mesmo o resultado não ter demonstrado promissor ele serve como um ótimo limitador de intervalos para se utilizar a ED que necessita de uma memória computacional muito grande. Quando aplicado a ED os valores de erros não passaram de 0,2%, sendo esse valor também para .

	Tamanho da população	Parâmetros do sistema					
		M1	M2	K1	K2	C1	C2
Ganho de massa	33	4,4838±0,2589	2,1528±0,1507	22492,3500±0,1678	14647,1712±0,3191	21,6551±0,0130	0,5969±0,0139
	63	4,3965±0,1678	2,0097±0,0657	22492,6762±0,1148	14646,9261±0,2013	21,6627±0,0096	0,6174±0,0074
	93	4,7946±0,2285	1,7663±0,0994	22492,5125±0,1428	14646,6913±0,2874	21,6769±0,0109	0,5872±0,0123
Ganho de rigidez	33	4,6605±0,1283	1,9581±0,05662	22492,5309±0,0179	14466,6409±108,1719	21,0399±0,3490	0,6332±0,0655
	63	4,7599±0,1557	2,1546±0,0736	22492,4824±0,0277	14603,0406±182,3668	22,1313±0,4298	0,7285±0,0943
	93	4,6579±0,1846	1,9043±0,0694	22492,4758±0,0172	14487,5156±144,0588	22,0579±0,3540	0,6631±0,07926
Perca de massa	33	4,8571±0,2664	1,7827±0,1230	22492,5369±0,2078	14646,7836±0,2944	21,6851±0,0169	0,5725±0,0262
	63	4,4141±0,2222	1,9111±0,1126	22492,3073±0,1514	14647,2301±0,2688	21,6735±0,0136	0,6059±0,0229
	93	4,0368±0,1596	1,7664±0,0922	22492,2636±0,1465	14646,8158±0,2709	21,6759±0,0136	0,5626±0,0207
Perca de rigidez	33	4,3674±0,0298	1,9377±0,0138	22492,4931±0,0281	14107,6367±605,6298	21,6223±0,2452	0,5989±0,0216
	63	4,3438±0,0217	1,9409±0,0096	22492,4851±0,0198	13265,2056±238,2688	21,3071±0,1292	0,5908±0,0119
	93	4,4239±0,0374	1,9172±0,0157	22492,4964±0,0331	13860,3202±687,9061	21,9433±0,2749	0,5669±0,0252

Tabela 5 - Valores dos parâmetros encontrados no estudo da evolução diferencial

	Tamanho da população	Erro (%)					
		M1	M2	K1	K2	C1	C2
Ganho de massa	33	0,0041	0,0137	2,1502x10 ⁻⁰⁷	1,6056x10 ⁻⁰⁶	2,8280x10 ⁻⁰⁵	0,0017
	63	0,0755	0,0979	9,3022x10 ⁻⁰⁶	2,6573x10 ⁻⁰⁵	0,0007	0,0294
	93	0,0126	0,0123	5,1597x10 ⁻⁰⁷	1,3936x10 ⁻⁰⁶	7,9838x10 ⁻⁰⁵	1,1538x10 ⁻⁰⁵
Ganho de rigidez	33	0,0028	0,0041	4,9509x10 ⁻⁰⁹	0,0003	0,0014	0,0007
	63	0,0427	0,0462	6,3418x10 ⁻⁰⁷	0,0056	0,0159	0,1074
	93	0,0041	0,0100	1,8538x10 ⁻⁰⁷	0,0005	0,0006	0,0195
Perca de massa	33	0,0203	0,0196	4,7198x10 ⁻⁰⁷	3,2676x10 ⁻⁰⁶	0,0001	0,0076
	63	0,0007	0,0030	2,1731x10 ⁻⁰⁶	2,7023x10 ⁻⁰⁶	0,0002	0,0085
	93	0,0035	0,0059	2,4942x10 ⁻⁰⁶	5,1017x10 ⁻⁰⁶	0,0002	0,0084
Perca de rigidez	33	0,0004	0,0001	1,6794x10 ⁻⁰⁷	0,0126	0,0009	0,0029
	63	0,0051	0,0042	1,0751x10 ⁻⁰⁶	0,0443	0,0088	0,0337
	93	0,0007	0,0012	3,5648x10 ⁻⁰⁷	0,0215	0,0031	0,0098

Tabela 6 - Erro entre o valor de entrada e a média das 30 buscas realizada com a evolução diferencial

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio da UTFPR pelo suporte e material que possibilitou a realização deste trabalho. O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq - Brasil (Processo 402581/2016-4).

REFERÊNCIAS

AYDIN, I.; KARAKOSE, M.; AKIN E. **An approach for automated fault diagnosis based on a fuzzy decision tree and boundary analysis of a reconstructed phase space**. ISA Transactions, volume 53, p. 220-229, dez. 2013.

BANERJEE, A.; ABU-MAHFOUZ, I. **A comparative analysis of particle swarm optimization and differential evolution algorithms for parameter estimation in nonlinear dynamic systems**. Chaos, Solitons & Fractals, v.58, p.65–83, 2014.

DA SILVA, I.N.; SPATTI, D.H.; FLAUZINO, R.A. **Redes Neurais Artificiais Para Engenharia e Ciências Aplicadas**, Artliber Editora Ltda., 2010.

GUIMARÃES, F. **Algoritmos de Evolução Diferencial. Manual de Algoritmos Evolutivos e Metaheurísticas**, Minas Gerais, 2009

REPINALDO, J.P. **Controle modal aplicado a uma estrutura de 2 graus de liberdade utilizando atuadores eletromagnéticos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

STORN, R., PRICE, K. V. **Differential evolution - a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces**. Journal of Global Optimization 11, 341–359, 1995.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerelasticidade 31
Atuador Eletromagnético 21, 22, 26
Automação Industrial 42, 45

B

Barras Comprimidas 56

C

Circuitos Shunt Multimodais 31
Controle Ativo de Vibrações 12, 15, 19, 21
Controle Passivo de Vibrações 31, 32

E

Enrijecedor Intermediário 56, 58, 59, 63, 64, 65, 66, 67, 68
ERA/OKID 12, 13, 15, 20
Estoque 70, 75
Evolução Diferencial (ED) 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 30, 41, 55, 69, 75, 106

G

Gestão 70, 75, 108

I

Inteligência Artificial 1, 2

L

LQR (Regulador Linear Quadrático) 12, 13, 15, 21, 28, 29, 30

M

Materiais 13, 31, 32, 42, 43, 46, 47, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 102, 108
Material Compósito 12, 13, 16, 19, 35
Mecatrônica 42, 54
Microcontroladores 42, 44, 55

P

Padrão 24, 25, 26, 27, 70, 71, 73
Parafuso Estojo 70, 71, 72, 73, 74, 75
Perfis Formados a Frio 56, 57, 58, 69

R

Rede Neural Artificial (RNA) 1

Resistência à Compressão 56, 57, 58, 64, 65, 66, 67, 68

S

Sistema Dinâmico 1, 21

V

Viga Flexível 21, 22

ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 