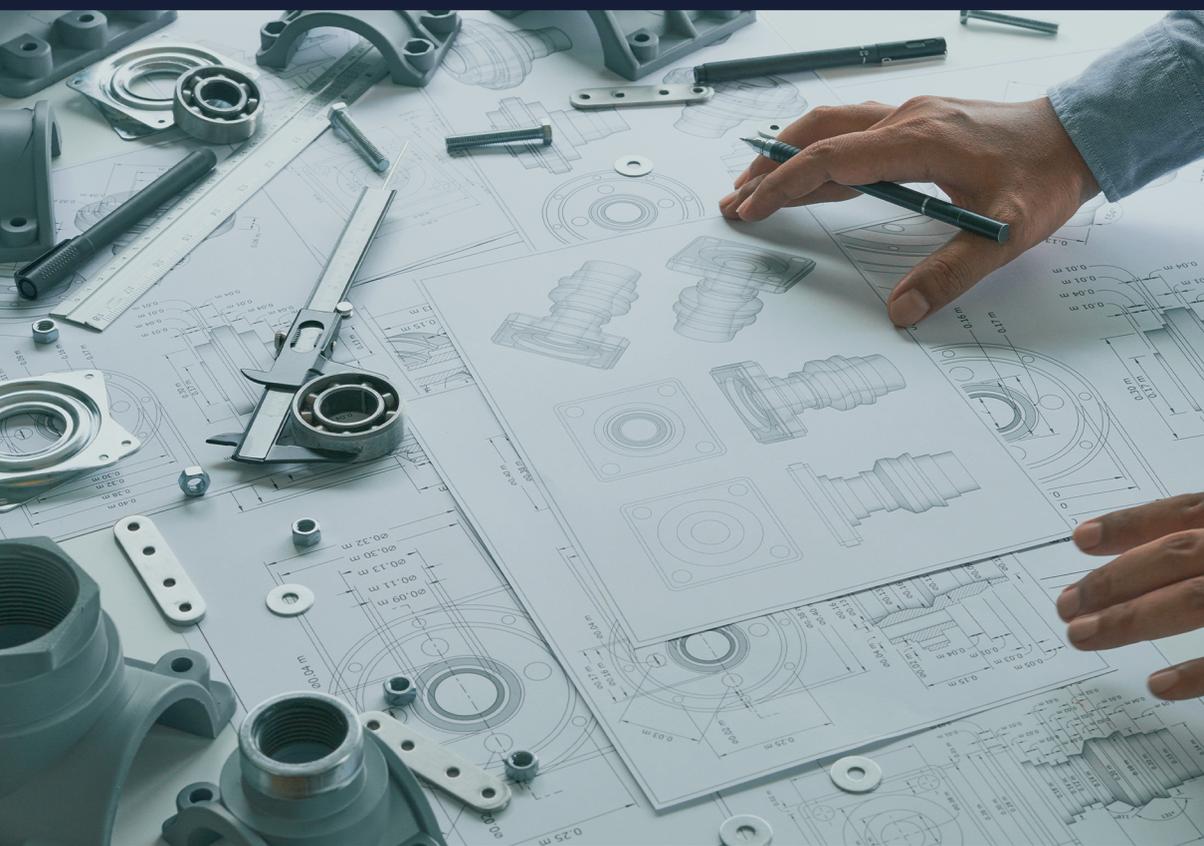


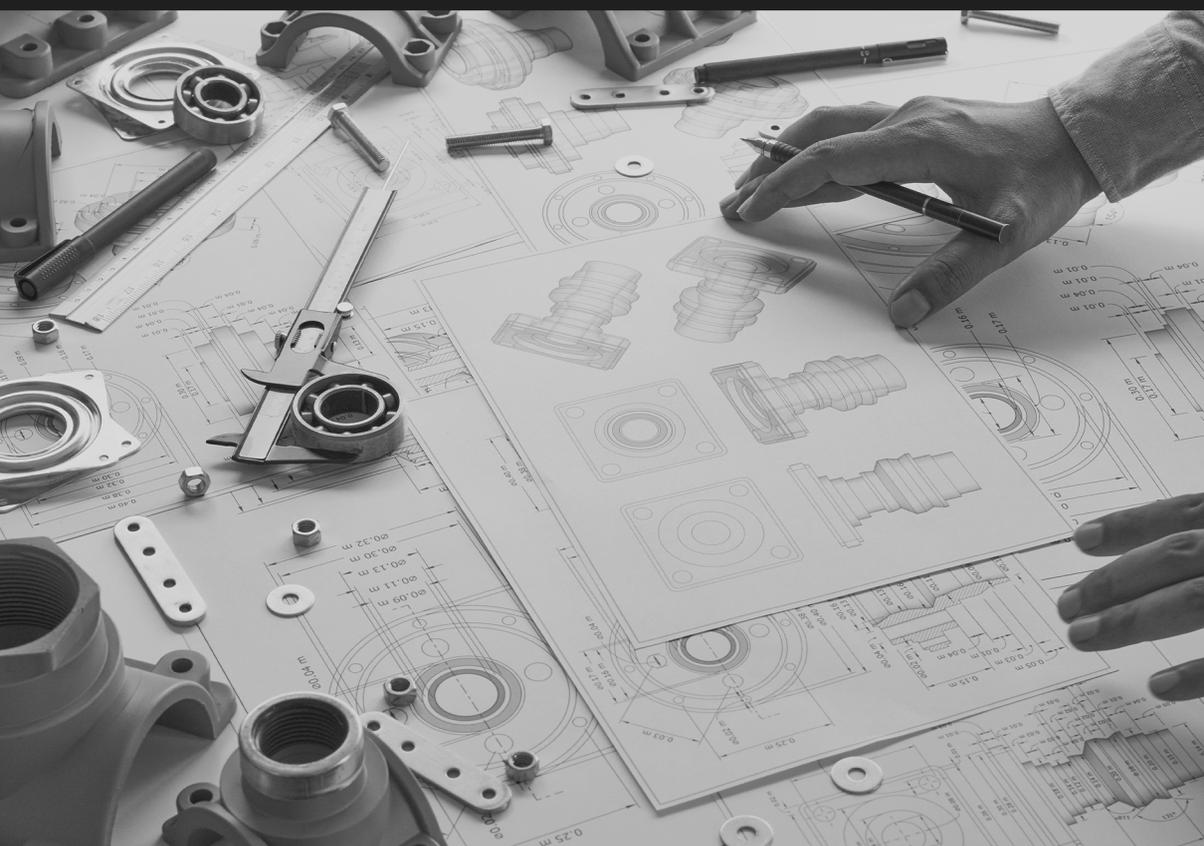
ATIVIDADES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NO CAMPO DA ENGENHARIA MECÂNICA



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 Cremo

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 ganhado 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

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

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 19/08/2020

João Paulo Marques de Aquino

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso
Suckow da Fonseca
Rio de Janeiro – RJ
<https://orcid.org/0000-0002-1938-1814>

João de Jesus dos Santos

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso
Suckow da Fonseca
Rio de Janeiro – RJ
<https://orcid.org/0000-0003-2875-1511>

Lais Amaral Alves

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso
Suckow da Fonseca
Rio de Janeiro – RJ
<https://orcid.org/0000-0003-0543-2374>

RESUMO: No presente trabalho é feito um estudo sobre como o acréscimo de um enrijecedor intermediário no perfil de uma barra de aço dobrada a frio pode influenciar na sua resistência à compressão. Foi escolhido um perfil U enrijecido nas bordas e foram confeccionadas seis barras de aço com 0,80 cm de comprimento em média. Três barras receberam o enrijecedor intermediário. Foi calculada teoricamente a resistência à compressão de cada uma das barras pelo método das larguras efetivas. As análises tiveram como base a norma brasileira e NBR14762:2010 – “Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados

a frio – Procedimento”. Todas as seis barras foram submetidas a ensaio de compressão feito em laboratório. Pela análise comparativa entre os resultados teóricos e experimentais, percebeu-se um resultado a favor da segurança por parte da Norma brasileira. As resistências à compressão encontradas pelo método das larguras efetivas se mostraram inferiores aos valores obtidos em laboratório. Observou-se também que o acréscimo do enrijecedor intermediário causou um aumento em média de 30% da resistência à compressão da barra quando analisados os resultados experimentais. Porém, de acordo com os resultados teóricos do método das larguras efetivas, o acréscimo de um enrijecedor intermediário resultaria no aumento, em média, de 2,4% na resistência à compressão, sendo necessário um estudo mais profundo das possíveis causas dessa diferença.

PALAVRAS-CHAVE: Perfis formados a frio, Resistência à compressão, Enrijecedor intermediário, Barras comprimidas.

GAIN RESISTANCE TO COMPRESSION BY STIFFENER IN COLD BENT PLATE

ABSTRACT: The present study is an evaluation on how the addition of an intermediate stiffener in the profile of a cold formed steel bar can influence its resistance to compression. A rigid U profile was chosen at the edges and six steel bars 0.80 cm in length on average were made. Three bars received the intermediate stiffener. The compressive strength of each of the bars was theoretically calculated by the effective width method. The analyzes were based on Brazilian standard NBR14762: 2010 - “Sizing of

steel structures made up of cold formed profiles - Procedure". All six bars were submitted to a laboratory compression test. By the comparative analysis between the theoretical and experimental results, a work in favor of the security by the Brazilian Standard was perceived. The compressive strengths found by the effective width method were lower than the values obtained in the laboratory. It was also observed that the addition of the intermediate stiffener caused an increase in average of 30% of the compressive strength of the bar when analyzing the experimental results. However, according to the theoretical results of the effective width method, the addition of an intermediate stiffener would result in an increase of 2.4% in compressive strength on average, requiring a more in-depth study of the possible causes of this discrepancy.

KEYWORDS: Profiles cold formed, Compression strength, Intermediate stiffener, Compressed bars.

1 | INTRODUÇÃO

Os perfis de aço formados a frio se adaptam cada vez mais para serem usados na construção civil, principalmente por causa da rapidez e economia exigidas pelo mercado. Esse elemento estrutural pode ser eficientemente utilizado em galpões de pequeno e médio porte, coberturas, mezaninos, em casas populares e edifícios de pequeno porte. Tem-se observado o crescente uso em *light steel framing* (LSF) que são painéis estruturados por perfis formados a frio (SILVA et. al, 2012).

Como toda estrutura feita de aço, a construção pré-fabricada com perfis formados a frio possui um tempo reduzido de execução. Sendo compostos por chapas finas, possui leveza, facilidade de fabricação, de manuseio e de transporte, facilitando e diminuindo o custo de sua montagem – menor gasto com transporte, além de não necessitar maquinários pesados para içamento (SILVA et. al, 2012).

Outra característica marcante dos perfis de aço formados a frio é a boa relação resistência/peso, o que o torna fundamental em construções e obras em que exista uma preocupação mútua em relação ao tempo de montagem com um menor custo (COSTA, 2012).

Os perfis formados a frio oferecem uma grande quantidade de opções de seções transversais que podem ser produzidas, o que permite atender uma grande gama de áreas e estruturas. O perfil *light steel framing* tem sido empregado tanto como peças estruturais (vigas, pilares) como não estruturais (paredes) (COSTA, 2012).

A alteração da geometria de um perfil metálico causa alterações nas suas características, entre elas pode acarretar o ganho de resistência à compressão e trazer vantagens econômicas na execução de uma estrutura metálica.

A Norma brasileira prevê alguns métodos para cálculo e dimensionamento de perfis formados a frio para solicitações do tipo compressão, flexão, flexo-torção e outros. Alguns desses métodos só podem ser realizados através de análises numéricas realizadas por

modelos computacionais, tornando inviável seu uso analiticamente. A Norma brasileira ABNT NBR 14762:2010 prevê três métodos diferentes que podem ser utilizados para compressão centrada em perfis formados a frio, dentre os quais um será abordado e utilizado no desenvolvimento deste trabalho.

O objetivo deste trabalho é comparar a resistência à compressão de um perfil dobrado a frio antes e após o acréscimo de um enrijecedor intermediário na alma, sendo o cálculo teórico da resistência à compressão centrada pelo método previsto na ABNT NBR 14762:2010, o Método das Larguras Efetivas, obtendo resultados experimentalmente através de ensaios de compressão nos perfis, com e sem o enrijecedor.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O aço é a mais versátil e a mais importante das ligas metálicas conhecidas pelo ser humano. Trata-se de uma liga de ferro e carbono cujo teor de carbono varia de 0,008% até 2,11% (CHIAVERINI, 1996).

O carbono serve para aumentar a resistência do aço, porém, como consequência diminui a sua ductilidade, tornando-o mais frágil e mais suscetível a quebra. Os aços com baixo teor de carbono têm menor resistência a tração, porém apresentam a vantagem de serem mais dúcteis. Os aços utilizados em estruturas têm as mesmas resistências a ruptura por tração ou compressão que variam entre amplos limites: de 300 MPa até valores acima de 1200 MPa (PFEIL, 2009).

Chiaverini (1996) classifica o aço quanto às suas aplicações. Por exemplo, dos aços destinados para uso estrutural, se requer boa ductilidade, homogeneidade, e soldabilidade, além da necessidade de possuir a tensão de ruptura maior que a tensão de escoamento. A resistência a corrosão pode ser alcançada através da adição de cobre em quantidades que dependem do grau de agressividade do ambiente onde a liga estará inserida. Para atender requisitos como os citados acima, são geralmente utilizados em estruturas os aços-carbono e os aços em baixo teor de liga ou microligados, ambos os tipos classificados com teores baixo e médio de carbono. Outras técnicas empregadas para elevar a resistência de aços estruturais são os processos de conformação (processo mecânico no qual se comprime o metal sólido em moldes e se utiliza da deformação plástica da matéria-prima para o preenchimento das cavidades dos moldes) e tratamentos térmicos (PFEIL, 2009).

3 | OBJETO DO ESTUDO

A escolha do perfil metálico e adotado baseou-se em uma peça de *drywall*, caracterizada pela versatilidade do uso, vasta aplicabilidade e grande comercialização. Com a ideia de reproduzir um perfil com a mesma geometria, o perfil base adotado foi U₉₀ x 40 x 10 x 0,5. As medidas são as mesmas para o perfil modificado, com a adição

de um enrijecedor intermediário na alma. Devido a capacidade da prensa mecânica do laboratório disponível para a realização do ensaio de compressão dos corpos de prova, disponibilizados pela metalúrgica Metalfenas, limitou-se o comprimento da barra a 800 mm. As barras foram numeradas de 1 a 6. Para estudo teórico (o dimensionamento através do MLE), adotou-se uma média das dimensões encontradas conforme a Tabela 1. As barras 1, 2 e 3 não apresentam enrijecedor intermediário, enquanto as demais são acrescidas do elemento.

Barra	Comprimento (mm)	Largura Alma (mm)	Largura Mesa (mm)	Enrijecedor borda (mm)	Enrijecedor Inter. (mm)
1	818	90	36,75	12,75	-
2	823	87,5	38,75	11	-
3	819	86	38,25	13,5	-
4	826	86	39	11,25	6
5	822	87	42,25	10,25	10
6	822	88,5	41,25	9,75	7

Tabela 1 - Dimensões médias dos elementos

O item 4.2 da norma ABNT NBR 14762:2010 permite a utilização de aços sem qualificação estrutural para perfis com a condição que o aço apresente propriedades mecânicas requeridas para receber o trabalho a frio. O mesmo item estabelece que os valores adotados nos projetos para resistência ao escoamento (f_y) e a resistência à ruptura (f_u) não devem ultrapassar 180 MPa e 300 MPa respectivamente. Na Tabela 2, encontram-se os valores obtidos para a resistência ao escoamento de cada barra e as médias para as barras 1, 2 e 3 – perfil sem enrijecedor intermediário, e para as barras 4, 5 e 6 – perfil com enrijecedor, além da média total.

Barra	f_y (MPa)	f_y médio (MPa)	f_y médio total (MPa)
1	147,37	140,23	161,22
2	139,34		
3	133,98		
4	187,57	182,21	
5	182,21		
6	176,85		

Tabela 2 - Resistência ao escoamento (f_y) das barras e valores médios

A medição da espessura da chapa foi realizada com o uso de um paquímetro com aferição válida. Os valores apresentados a seguir são os valores considerados nos estudos desse trabalho: $t = 0,5 \text{ mm}$; $f_y = 161,22 \text{ MPa}$ e $f_u = 300 \text{ MPa}$.

4 | ESTUDO TEÓRICO

Por apresentarem medidas diferentes, o estudo teórico foi realizado separadamente para cada uma das seis barras, levando-se em consideração a dimensão média para cada elemento. As barras não atendem a condições específicas para relação largura-espessura do elemento mesa. De acordo com o dimensionamento estabelecido pela ABNT NBR 14762:2010, o limite da relação é 60. A Tabela 3 mostra essa relação para cada uma das barras. Porém, tal desacordo com a norma não se configurou como impedimento para este estudo, visto que a proposta é avaliar a resistência a compressão do perfil sem atribuir função estrutural ao objeto analisado.

Barra	Largura (mm)	Espessura (mm)	Relação largura-espessura
1	36,75	0,5	73,5
2	38,75	0,5	77,5
3	38,25	0,5	76,5
4	39	0,5	78
5	42,25	0,5	84,5
6	41,25	0,5	82,5

Tabela 3 - Relação largura-espessura para o elemento mesa das barras estudadas

Os dados relativos a geometria do perfil utilizados nos cálculos de dimensionamento desse capítulo foram obtidos através do programa CameliaX (CTICM, 2013).

4.1 Limite de esbeltez - verificação

Após a checagem da relação largura-espessura, calculou-se o índice de esbeltez, um dos limites geométricos impostos pela ABNT NBR 14762:2010. A norma estabelece que peças tracionadas ou comprimidas não devem ter índice de esbeltez superior a 200. Os resultados obtidos permitem classificar as barras estudadas como curtas, pois apresentam um índice médio de esbeltez de 55.

4.2 Força axial de flambagem elástica

Para perfis monossimétricos, como os analisados nesse estudo, a força axial crítica de flambagem elástica é o menor valor calculado entre as duas forças citadas na Tabela 4.

Barra	N_{ey} (kN)	N_{exz} (kN)	Força crítica (kN)
1	56,198	40,887	40,887
2	58,81	38,042	38,042
3	61,946	41,139	41,139
4	59,975	41,231	41,231
5	70,493	46,382	46,382
6	66,257	43,769	43,769

Tabela 4 - Forças axiais críticas de flambagem elástica

4.3 Fator de redução global

A Tabela 5 apresenta o índice de esbeltez reduzido (λ_0) e o fator de redução da força axial de compressão resistente (χ).

Barra	Índice de esbeltez reduzido (λ_0)	Fator de redução da força axial de compressão resistente (χ)
1	0,607	0,857
2	0,625	0,849
3	0,605	0,858
4	0,608	0,857
5	0,589	0,865
6	0,598	0,861

Tabela 5 - Índice de esbeltez reduzido e fator de redução das barras

4.4 Método das Larguras Efetivas

Para o dimensionamento da área efetiva da seção transversal das barras, fez-se uso do Método das Larguras Efetiva (MLE). As larguras efetivas foram calculadas separadamente para cada elemento do perfil. Para todas as barras, houve divergência entre as larguras brutas e efetivas. Os resultados encontrados estão na Tabela 6.

Barra	Largura Bruta			Largura Efetiva		
	Enrijecedor de borda (cm)	Mesa (cm)	Alma (cm)	Enrijecedor de borda (cm)	Mesa (cm)	Alma (cm)
1	1,275	3,675	9	0,922	2,633	3,287
2	1,1	3,875	8,75	0,879	2,777	3,292
3	1,35	3,825	8,6	0,938	2,654	3,271
4	1,125	3,9	8,6	0,884	2,766	3,273

5	1,025	4,225	8,7	0,849	2,884	3,263
6	0,975	4,125	8,85	0,831	2,879	3,275

Tabela 6 - Larguras bruta e efetiva de cada elemento do perfil

4.5 Flambagem distorcional

Para perfis enrijecidos submetidos à compressão centrada, a verificação à instabilidade distorcional é dispensada se a relação largura do enrijecedor de borda/largura bruta da alma (D/b_w) for igual ou superior aos valores indicados na Norma ABNT NBR 14762:2010. A Tabela 7 mostra essa relação (D/b_w) para as barras estudadas.

Barra	b_f (mm)	b_w (mm)	D (mm)	t (mm)	b_w/t	b_f/b_w	D/b_w
1	36,75	90	12,75	0,5	180	0,408	0,1417
2	38,75	87,5	11	0,5	175	0,443	0,1257
3	38,25	86	13,5	0,5	172	0,445	0,157
4	39	86	11,25	0,5	172	0,453	0,1308
5	42,25	87	10,25	0,5	174	0,486	0,1178
6	41,25	88,5	9,75	0,5	177	0,466	0,1102

Tabela 7- Relação (b_w/t), (b_f/b_w) e (D/b_w)

De acordo com instrução da ABNT NBR 14762:2010, item 9.7.3, fez-se a interpolação linear dos valores mínimos da relação D/b_w de barras com seção U enrijecido e seção Z para se encontrar valores intermediários. Percebeu-se que para todas as barras a relação D/b_w (Tabela 7) foi superior que o valor mínimo estabelecido pela norma. Portanto, foi dispensada a verificação da instabilidade distorcional.

4.6 Força normal de compressão resistente de cálculo

A resistência da barra ao esforço de compressão é apresentada na Tabela 8.

Barra	x	A_{ef} (cm ²)	f_y (kN/cm ²)	y	$N_{c,Rd}$ (kN)
1	0,857	0.52	16,122	1,2	5.988
2	0,849	0.53	16,122	1,2	6.047
3	0,858	0.523	16,122	1,2	6.024
4	0,857	0.529	16,122	1,2	6.085
5	0,865	0.536	16,122	1,2	6.233
6	0,861	0.535	16,122	1,2	6.187

Tabela 8 - Resistência das barras a compressão axial

5 | ESTUDO EXPERIMENTAL

Foram realizados seis ensaios de compressão centrada a fim de observar o comportamento das barras quanto a tensão suportada e deformação sofrida. Três ensaios foram em barras com os dois enrijecedores de borda apenas e os outros três procedimentos foram em barras com três enrijecedores – dois enrijecedores de borda e um enrijecedor intermediário na alma. Os ensaios experimentais foram feitos no Laboratório de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, (LEC – FEN/UERJ).

5.1 Procedimentos executivos

A execução dos ensaios deu-se em uma prensa mecânica, WPM Leipzig com capacidade de carga máxima de 300 toneladas. A prensa utilizada apresenta o apoio inferior fixo enquanto o apoio superior é rotulado. Após a cruzeta se abrir à um vão superior ao do objeto a ser ensaiado, começam os ajustes.

O eixo central da barra é posicionado de forma que coincida com o centro dos apoios circulares da prensa, alinhando o centro de gravidade da chapa de topo com o centro de gravidade da seção transversal do perfil, formando um único centroide. Quando colocado na máquina, esse centroide foi alinhado com centro do prato da máquina de ensaio. Esse alinhamento permitiu que a compressão fosse centrada nas barras.

Utilizou-se duas unidades digitais do modelo TMX IP 54 cada uma em um ponto do apoio inferior para medir o deslocamento do apoio, conseqüente deformação da barra. A utilização de dois relógios comparadores se justifica para se ter uma redundância dos resultados alcançados.

As cargas foram aplicadas a cada 1 kN para efetuar a leitura dos relógios comparadores e a leitura da carga foi feita através de um leitor digital ligado a prensa, pois o leitor analógico próprio do equipamento se encontrava avariado e por isso em desuso.

5.2 Resultados experimentais

Como são conhecidos os comprimentos e as áreas da seção, foi possível traçar o gráfico que descreve o comportamento Tensão x Deformação, para as barras 1, 2, 3, 4, 5 e 6, consolidado na Figura 1.

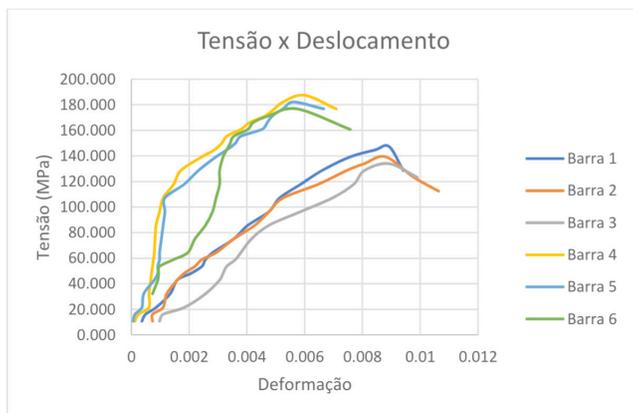


Figura 1 - Gráfico Tensão x Deformação de todas as barras ensaiadas

6 I ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Percebe-se que a aplicação do Método das Larguras Efetivas reduziu em média 44% a área nominal das seções transversais dos perfis para o dimensionamento das barras de aço à compressão. Isso pode ser notado através da comparação demonstrada na Tabela 9.

Barra	Área Bruta (A) (cm ²)	Área Efetiva (A _{ef}) (cm ²)	A _{ef} /A
1	0,933	0,52	0,557
2	0,923	0,53	0,574
3	0,935	0,523	0,559
4	0,945	0,529	0,560
5	0,997	0,536	0,538
6	0,97	0,535	0,552
Média	0,9505	0,529	0,557

Tabela 9 - Comparação entre a área nominal e a área efetiva das seções transversais das barras estudadas

Ao analisar os gráficos de Tensão x Deformação (Figura 1) é possível encontrar a resistência ao escoamento (f_y) das barras. Constata-se que as barras com enrijecedor intermediário (barras 4, 5 e 6) apresentaram um valor em média 30% superior aos das barras que contam apenas com os dois enrijecedores de borda.

Quando se compara a força resistente à compressão obtida teoricamente com os resultados alcançados nos ensaios de laboratório, torna-se nítido o conservadorismo do Método das Larguras Efetivas. Para as barras com enrijecedor intermediário, a resistência à compressão testada nos ensaios chega a ser 175%, em média, superior ao valor

encontrado de modo analiticamente como se pode notar na Tabela 10. Na Figura 2, registra-se a diferença dos valores obtidos para cada barra ensaiada.

Barra	$N_{c,Rd}$ (teórico) (N)	$N_{c,Rd}$ (experimental) (N)	$N_{c,Rd}$ (experimental)/ $N_{c,Rd}$ (teórico)	Média
1	5998	13750	2,292	2,172
2	6047	13000	2,150	
3	6024	12500	2,075	
4	6085	17500	2,876	2,757
5	6233	17000	2,727	
6	6187	16500	2,667	

Tabela 10 - Resistência a compressão das barras de forma teórica e de forma experimental

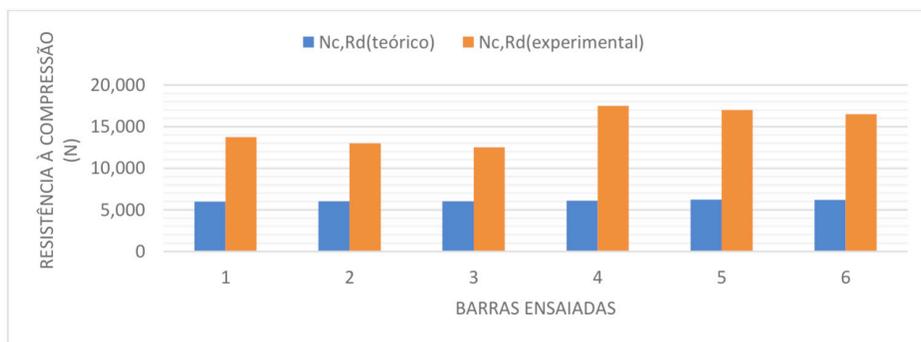


Figura 2 - Comparação entre os valores de resistência à compressão encontrados pelo modo teórico e pelo modo experimental

Os resultados registrados na Tabela 11, demonstram que o acréscimo de um enrijecedor intermediário no perfil analisado aumenta a resistência à compressão da barra. Ao avaliar as resistências obtidas por meio matemáticos, a presença do enrijecedor intermediário acrescentou 2,4% na capacidade da barra em suportar o esforço de compressão. Já os resultados experimentais demonstram que o enrijecedor intermediário aumentou a capacidade da barra em resistir à compressão em 30% relativa à resistência da barra sem o elemento. A Figura 3 mostra essa diferença dos resultados encontrados para cada modo.

Barra	$N_{c,Rd}$ (teórico) (N)	Média $N_{c,Rd}$ (teórico) (N)	$N_{c,Rd}$ (experimental) (N)	Média $N_{c,Rd}$ (experimental)
1	5998	6023,00	13750	13083,33
2	6047		13000	
3	6024		12500	
4	6085	6168,33	17500	17000,00
5	6233		17000	
6	6187		16500	

Tabela 11 - Média das resistências à compressão

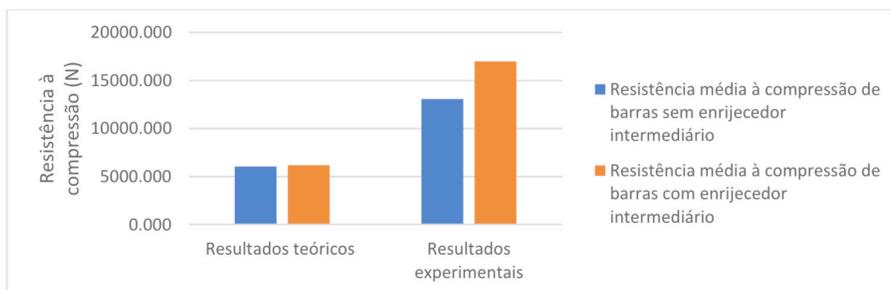


Figura 3 – Gráfico comparativo de valores obtidos para a resistência à compressão de perfis com e sem enrijecedor intermediário de forma teórica e experimental

Como houve uma diferença que chega a 175% - para barras com enrijecedor intermediário - entre os resultados obtidos teoricamente e os resultados encontrados de forma experimental, este trabalho resolveu fazer uma comparação que foge das indicações pregadas pela ABNT NBR 14762:2010. Calculou-se a resistência à compressão axial das barras levando-se em consideração toda a área transversal do perfil, ignorando, deste modo, o Método das Larguras Efetivas. Como se percebe na Tabela 12, houve um aumento de 80% em média nos resultados teóricos.

Barra	$N_{c,Rd}$ (Teórico) (Área efetiva) (N)	$N_{c,Rd}$ (Teórico) (Área bruta) (N)	$N_{c,Rd}$ (Área bruta) / $N_{c,Rd}$ (Área efetiva)
1	5998	10746	1,79
2	6047	10528	1,74
3	6024	10776	1,79
4	6085	10877	1,79
5	6233	11586	1,86
6	6187	11222	1,81

Tabela 12 – Comparativo entre as resistências à compressão considerando a área efetiva e levando-se em consideração a área bruta da seção transversal dos perfis

Quando se compara os resultados teóricos levando-se em consideração a área bruta da seção transversal do perfil e não mais a área efetiva (MLE) com os resultados obtidos no laboratório, nota-se que a diferença caiu de 146% (Tabela 10) para 37% em média como pode ser visto na Tabela 13.

Barra	$N_{c,Rd}$ (Área bruta) (N)	$N_{c,Rd}$ (Experimental) (N)	$N_{c,Rd}$ (Área bruta) / $N_{c,Rd}$ (Experimental)
1	10746	13750	1,28
2	10528	13000	1,23
3	10776	12500	1,16
4	10877	17500	1,61
5	11586	17000	1,47
6	11222	16500	1,47

Tabela 13 – Comparação entre os resultados teóricos levando-se em conta a área bruta com os resultados experimentais para a resistência à compressão de barras

Na Figura 4, quando se expõe os três resultados (resultado teórico considerando-se área efetiva (MLE), resultado teórico levando-se em conta a área bruta e resultado experimental), nota-se que a diferença entre os valores obtidos de forma teórica, independentemente de qual área da seção transversal se adotou, e os valores experimentais é maior para as barras 4, 5 e 6, aquelas que foram acrescidas de enrijecedor intermediário.

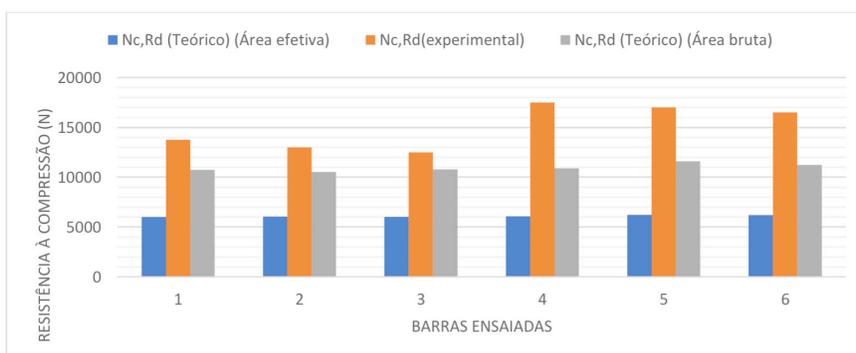


Figura 4 – Gráfico comparativo entre os resultados teóricos, levando-se em consideração área efetiva e área bruta, com os resultados experimentais

Ao avaliar as barras após terem sido submetidas ao ensaio de compressão, notaram-se deformações mais acentuadas próximas das ondulações que foram registradas no item 3.3.1 deste trabalho para as barras 1, 2, 3 e 4. Tal comportamento evidencia a interferência das imperfeições geométricas nos resultados do ensaio à compressão. Porém, a análise criteriosa desse fenômeno não se configura como objeto deste estudo.

7 | CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo verificar como o acréscimo de um enrijecedor intermediário altera o comportamento de uma barra quando exposta à compressão. Foram confeccionadas seis barras no total, com uma geometria inspirada em um perfil universalmente comercializado para fins de montante de drywall. Das seis barras, três foram acrescidas de um enrijecedor intermediário. Para cada uma das barras foi feito o dimensionamento da resistência à compressão pelo método mais conservador, o Método das Larguras Efetivas.

Além do estudo teórico das barras foram realizados ensaios de compressão em laboratório. Os resultados obtidos matematicamente e experimentalmente foram comparados. Foram analisados ainda os resultados obtidos nas barras com o enrijecedor intermediário e sem o elemento.

As comparações demonstraram elevado grau de segurança do Método das Larguras Efetivas, conforme descrito na ABNT NBR 14762:2010, pois a força suportada pelas barras nos ensaios experimentais foi bem superior aos valores encontrados teoricamente. Caso fosse empregado outros métodos (Método da Seção Efetiva e Método de Determinação Direta do Esforço Resistente), menos conservadores, a diferença entre resultados teóricos e experimentais seria menor. Constatou-se também, por meio dos ensaios laboratoriais, que o acréscimo de um enrijecedor intermediário aumentou a resistência à compressão centrada das barras estudadas em média em 30%.

Quando se compara o efeito do acréscimo do enrijecedor intermediário visto somente pelo método das larguras efetivas, o ganho de resistência à compressão foi de apenas 2,4%. Tal resultado comprova uma defasagem nesse método para se calcular o dimensionamento de perfis com enrijecedor intermediário.

Outra constatação é que quando se utiliza a área bruta da seção transversal do perfil para calcular teoricamente a resistência à compressão, a diferença com o resultado experimental se reduz a 37% em média. Tal análise evidencia que as barras estudadas, com índice médio de esbeltez de 55, se caracterizam como curtas e não se enquadram perfeitamente no Método das Larguras Efetivas recomendado pela ABNT NBR 14762:2010.

Apesar de não ser objeto de estudo deste trabalho, observou-se que as imperfeições geométricas ficaram mais suscetíveis às deformações ocasionadas pela compressão, conforme pode ser observado nos ensaios realizados

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2010.

CHIAVERINI, Vicente. Aços e Ferros fundidos. 7ª Edição. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, 1996.

COSTA, Alexandre Alcipreste Rodrigues. Estudo da flambagem local de perfis U enrijecidos em situação de incêndio. Dissertação (Mestrado). Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

CTICM. CameliaX. Versão 1.0, 2013, acessado em 20/03/2019.

PFEIL, Walter. Estruturas de aço: dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

SILVA, Valdir Pignatta; PIERIN, Igor; SILVA, Edson Lubas. Estruturas compostas por perfis formados a frio – Dimensionamento pelo método das larguras efetivas e aplicação conforme ANBT NBR 14762:2010 e ABNT NBR 6355:2012. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/ CBCA, 2014.

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 