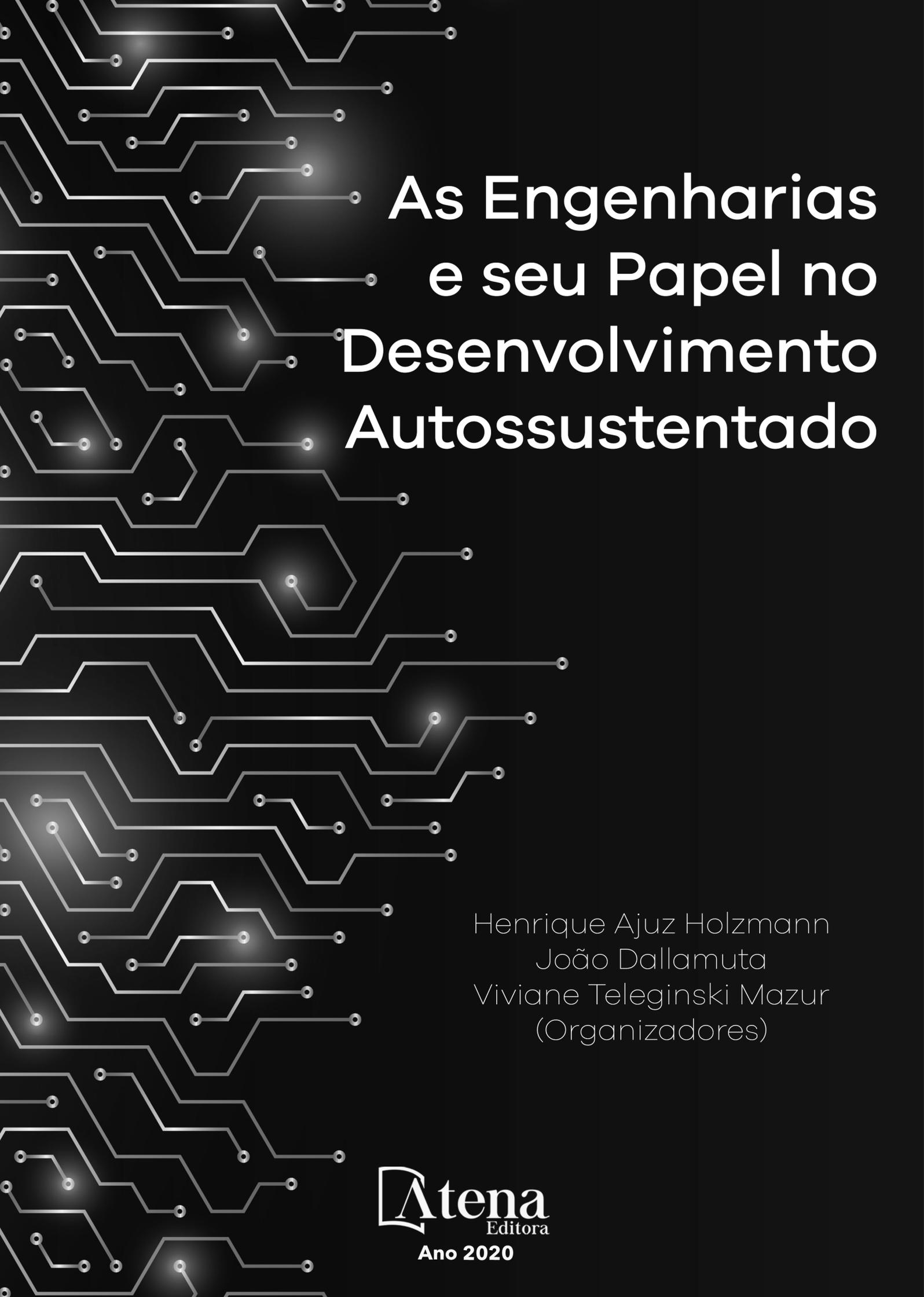


As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2020



As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
Viviane Teleginski Mazur
(Organizadores)

**Atena**
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editores: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Lorena Prestes

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

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^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof^a Dr^a Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. 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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a 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
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 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. Lilian 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. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>As engenharias e seu papel no desenvolvimento autossustentado [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Viviane Teleginski Mazur. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-146-6 DOI 10.22533/at.ed.466203006</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Mazur, Viviane Teleginski.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado Vol. 1 e 2 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 24 capítulos, com assuntos voltados a engenharia elétrica, materiais e mecânica e sua interação com o meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 27 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, da construção civil com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção de baixo com baixo impacto ambiental.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões sobre temas atuais nas engenharias, de maneira aplicada as novas tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Viviane Teleginski Mazur

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA E DEMANDA ENERGÉTICA PARA INSERÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL	
Mailson Gonçalves Morais Gian Lucas Martins Vagner Silva Guilherme DOI 10.22533/at.ed.4662030061	
CAPÍTULO 2	14
ELETRODEPOSIÇÃO DE SEMICONDUTORES PARA APLICAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL	
Victor Rocha Grecco DOI 10.22533/at.ed.4662030062	
CAPÍTULO 3	28
INVESTIGAÇÃO DAS GRANDEZAS QUE IMPACTAM NA VIDA ÚTIL DE UM TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA	
Giancarlo de França Aguiar Bárbara de Cássia Xavier Cassins Aguiar DOI 10.22533/at.ed.4662030063	
CAPÍTULO 4	40
NOVA ABORDAGEM METODOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE DATACENTERS - O ÍNDICE EUED (ENERGY USAGE EFFECTIVENESS DESIGN)	
Alexandre Fernandes Santos Pedro Dinis Gaspar Heraldo José Lopes de Souza DOI 10.22533/at.ed.4662030064	
CAPÍTULO 5	58
MÓDULO DE SENSORIAMENTO INERCIAL APLICADO À CAPTURA DE MOVIMENTO DA MARCHA NA PARALISIA CEREBRAL	
Lucas Novaki Ribeiro Rafael Traldi Moura DOI 10.22533/at.ed.4662030065	
CAPÍTULO 6	67
CALCULANDO SENSORES LAMBDA, TPS E MAP COM EXATIDÃO MÁXIMA	
Robson Eduardo dos Anjos Schneider Aline Brum Loreto Eduardo Rorato Guarienti Matheus Brondani de Vargas DOI 10.22533/at.ed.4662030066	
CAPÍTULO 7	78
CÁLCULO VIA DISCRETIZAÇÃO DE PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DE FIGURAS PLANAS	
Arthur Coutinho de Araújo Pereira Pedro Henrique Tomaz Fernandes Carlos Antônio Taurino de Lucena Ângelo Vieira Mendonça DOI 10.22533/at.ed.4662030067	

CAPÍTULO 8	95
UTILIZANDO A TRANSFORMADA RÁPIDA DE FOURIER NA IDENTIFICAÇÃO DO FENÔMENO NÃO LINEAR EM SISTEMAS DINÂMICOS	
Marcelo Henrique Belonsi Maria Francisca da Cunha Manoel Moraes Junqueira DOI 10.22533/at.ed.4662030068	
CAPÍTULO 9	103
DIMENSIONAMENTO DE PISTÃO MAGNETO REOLÓGICO UTILIZANDO ANÁLISE NUMÉRICA	
Lays Cristina Gama Lopes Luiz Fernando Cótica Ivair Aparecido dos Santos DOI 10.22533/at.ed.4662030069	
CAPÍTULO 10	119
SINTONIA DE UM CONTROLADOR PID PARA UM SISTEMA MASSA-MOLA-AMORTECEDOR DE UM GRAU DE LIBERDADE	
Isabela Kimie Ota Daniel Almeida Colombo DOI 10.22533/at.ed.46620300610	
CAPÍTULO 11	124
AVALIAÇÃO DO USO DE MÓDULOS TERMOELÉTRICOS COMO DISPOSITIVO DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Marco Antonio Rodrigues de Brito Marcus Costa de Araújo DOI 10.22533/at.ed.46620300611	
CAPÍTULO 12	141
VARIAÇÃO DA ALCALINIDADE DOS FLUIDOS DE PERFURAÇÃO COM BIODIESEL	
Elba Gomes dos Santos Leal Rui Carlos de Sousa Mota Ricardo Guilherme Kuentzer Bento Pereira da Costa Neto Danilo Matos Moura DOI 10.22533/at.ed.46620300612	
CAPÍTULO 13	154
COMPARAÇÃO DE ÍNDICES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EMISSÕES DO SEGMENTO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS	
Mauro Donizeti Berni Paulo Cesar Manduca DOI 10.22533/at.ed.46620300613	
CAPÍTULO 14	162
DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA ENSAIO DE IMPACTO POR QUEDA DE PESO EM BORDA DE COMPÓSITOS	
João Pedro Inácio Varela Joseph Bruno Rodrigues Almeida Wanderley Ferreira de Amorim Júnior DOI 10.22533/at.ed.46620300614	

CAPÍTULO 15 176

PRODUÇÃO DE FOTOCATALISADORES UTILIZANDO CINZAS RESIDUAIS

Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

Aline Domingues Gomes

Lucas de Souza Borban

Jean César Marinozi Vicentini

DOI 10.22533/at.ed.46620300615

CAPÍTULO 16 191

EFEITO DA GRANULOMETRIA DA FIBRA DE COCO VERDE NA ADSORÇÃO DE COMPOSTOS PROVENIENTES DO PETRÓLEO

Isadora Barreto Coutinho

Inês Aparecida Santana

Antonia Miwa Iguti

DOI 10.22533/at.ed.46620300616

CAPÍTULO 17 203

APLICABILIDADE DE NANOCOMPÓSITOS A BASE DE NANOPARTÍCULAS DE CARBONO EM EMBALAGENS ALIMENTÍCIAS

Anne Caroline da Silva Rocha

Livia Rodrigues de Menezes

Emerson Oliveira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.46620300617

CAPÍTULO 18 212

DEGRADAÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO POR Nb_2O_5 SUPORTADO EM SiO_2

Thais Delazare

Rodrigo da Silva Neu

Emerson Schwingel Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.46620300618

CAPÍTULO 19 221

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE $Ba_xSr_{1-x}Co_yFe_{1-y}O_{3+\Delta}$ PARA PREPARAÇÃO DE CAMADA FUNCIONAL DO ELETRODO CATÓDICO DAS CÉLULAS A COMBUSTÍVEL DO TIPO IT-SOFC

Mariana Lima

Everton Bonturim

Marco Andreoli

Nelson Batista de Lima

Emília Satoshi Miyamaru Seo

DOI 10.22533/at.ed.46620300619

CAPÍTULO 20 231

ESTUDO DA FIBRA DA URTIGA E DO ALGODÃO COLORIDO ORGÂNICO: DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PARA O VESTUÁRIO POR MEIO DO CRUZAMENTO DE FIBRAS

Giulia Mendonça Tenorio de Alburquerque

Ronaldo Salvador Vasques

Fabício de Souza Fortunato

Camila Pereira

DOI 10.22533/at.ed.46620300620

CAPÍTULO 21 239

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE ACESSÓRIOS VOLTADOS PARA O VESTUÁRIO UTILIZANDO COMO MATÉRIA-PRIMA O COURO DE KOMBUCHA

Caroline Schuch Klein
Ana Beatriz Pires da Silva
Ronaldo Salvador Vasques
Luciane do Prado Carneiro
Fabrício de Souza Fortunato

DOI 10.22533/at.ed.46620300621

CAPÍTULO 22 247

PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL APLICADO AO PRÉ-TRATAMENTO DA BATATA DOCE COM ÁCIDO CÍTRICO E À SECAGEM PARA AVALIAÇÃO DA COR

Tamires Barlati Vieira da Silva
Ana Paula da Silva Sbrunhera
Priscila Dayane de Freitas Santos
Thaysa Fernandes Moya Moreira
Anielle de Oliveira
Fernanda Vitória Leimann Bogdan
Demczuk Junior

DOI 10.22533/at.ed.46620300622

CAPÍTULO 23 259

CARACTERIZAÇÃO DE MEL E HIDROMEL ATRAVÉS DE CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA

Marcello Lima Bertuci
Lígia Boarin Alcalde
Silvia Maria Martelli
Évelin Marinho de Oliveira
Angela Dulce Cavenaghi Altemio

DOI 10.22533/at.ed.46620300623

CAPÍTULO 24 265

ESTUDO DA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE EXTRATOS ALCOÓLICOS CONCENTRADOS E DE ÁLCOOL GEL A PARTIR DE DESCARTES DE BEBIDAS ALCOÓLICAS

Pierre Correa Martins
Gabriel Alexandre Clemente
Pedro Passador Bittencourt de Sá
João Alves de Medeiros Neto
Heloísa Barbosa de Oliveira
Lara Patrício Ferreira
Daniel Felipe Lima Soares
Nilmara Beatriz Sousa de Oliveira
Raquel de Medeiros Neto
Thayze Rodrigues Bezerra Pessoa
Joselma Araújo de Amorim
Vital de Souza Queiróz

DOI 10.22533/at.ed.46620300624

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 279

ÍNDICE REMISSIVO 280

DIMENSIONAMENTO DE PISTÃO MAGNETO REOLÓGICO UTILIZANDO ANÁLISE NUMÉRICA

Data de aceite: 19/06/2020
Data de submissão: 06/03/2020

Lays Cristina Gama Lopes

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Engenharia Mecânica
Maringá – PR
<http://lattes.cnpq.br/7328489102514899>

Luiz Fernando Cótica

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Física
Maringá – PR
<http://lattes.cnpq.br/0807675554407664>

Ivair Aparecido dos Santos

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Física
Maringá – PR
<http://lattes.cnpq.br/3989136572460030>

RESUMO: Dispositivos magneto reológicos – MR vêm recebendo uma atenção especial nos últimos anos, por serem mecanismos de controle muito promissores, que utilizam fluido MR para controlar o movimento. Os fluidos MR consistem em micropartículas magneticamente polarizáveis, dispersas em um fluido transportador, formando uma suspensão coloidal. Quando um campo magnético é aplicado aos fluidos MR, as partículas respondem a esse campo com

elevada intensidade de indução ao campo magnético aplicado, apresentando um momento de dipolo paralelo à direção das linhas de fluxo de campo magnético, que farão com que elas se atraiam fortemente umas com as outras, formando uma estrutura em forma de corrente, alterando sua reologia de um fluido praticamente newtoniano para um semissólido que apresenta comportamento visco plástico. Esta capacidade do fluido MR alterar reversivelmente e instantaneamente sua viscosidade de um fluido para um semissólido de maneira controlável e proporcional ao campo magnético aplicado, permite o controle sobre a resistência que um mecanismo apresenta ao movimento. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um pistão MR utilizado para o controle de força aplicada sobre sua haste. As dimensões do pistão deveriam ser tais que suprissem as necessidades do projeto, evitando o superdimensionamento por meio da análise numérica. O objetivo foi atingido.

PALAVRAS-CHAVE: Fluido Magneto Reológico. Pistão MR. Análise Numérica. Suspensão Coloidal. Fluido Visco Plástico.

MAGNETO REOLOGICAL PISTON SIZING USING NUMERICAL ANALYSIS

ABSTRACT: Magneto rheological - MR

devices have received special attention in recent years, this is because they are very promising control mechanisms that use MR fluid for controlling movement. MR fluids consist of magnetically polarizable microparticles, dispersed in a carrier fluid, forming a colloidal suspension. When a magnetic field is applied to MR fluids, the particles respond to that field with high intensity of induction to the applied magnetic field, presenting a parallel dipole moment to the direction of the magnetic field flow lines, which will cause to the particles a strong attraction, forming a chain-shaped structure, changing its rheology from a practically Newtonian fluid to a semi-solid that exhibits visco-plastic behavior. This ability of the MR fluid to change reversibly and instantly its viscosity from a fluid to a semi-solid in a way that is controllable and proportional to the applied magnetic field, allows control over the resistance that a device presents to the movement. The objective of this work is the development of an MR piston used to control the force applied on its rod. The dimensions of the piston should be such that they meet the needs of the project, avoiding over-dimensioning through numerical analysis. The objective has been achieved.

KEYWORDS: Magneto Rheological Fluid. MR Piston. Numerical Analysis. Colloidal Suspension. Visco Plastic Fluid.

1 | INTRODUÇÃO

Dispositivos de controle de vibrações se dividem em três grupos básicos de acordo com o modo de atuação, podendo ser de controle passivo, ativo ou semiativo. Dispositivos de controle semiativo vêm atraindo a atenção da comunidade científica por serem capazes de gerar força de controle de forma passiva através da dissipação ou armazenamento da energia produzida pelo sistema. No entanto, é possível que a intensidade da força seja controlada de maneira ativa por um sinal de controle que ajusta as propriedades mecânicas, em tempo real, de acordo com a necessidade do sistema.

Um pistão semiativo pode ter a intensidade da força que gera controlada alterando-se a viscosidade do fluido de trabalho pela aplicação de um campo magnético também controlável. O material capaz de gerar essa resposta ao campo aplicado é denominado Fluido Magneto Reológico – (MR) [1]. Para um fluido MR, a resistência ao cisalhamento pode ser controlada de forma a aumentar ou diminuir com a intensidade do campo magnético aplicado.

O objetivo deste trabalho foi dimensionar um pistão magneto reológico a partir das propriedades, medidas experimentalmente, de um fluido magneto reológico, utilizando a análise numérica para encontrar as dimensões ótimas do dispositivo evitando superdimensionamento e desperdício de material, fatores cruciais para o desenvolvimento de novos projetos.

2 | FLUIDO MAGNETO REOLÓGICO

Fluidos magneto reológicos são formados basicamente por três componentes principais: um líquido portador que pode ser um óleo hidrocarboneto (mais comum), composto por óleos minerais, sintéticos ou até mesmo a mistura dos dois, por silicones ou água dependendo

da aplicação; partículas micro magnéticas, inseridas no líquido portador formando uma dispersão coloidal [2] e aditivos para evitar sedimentação, prevenir aglomeração, melhorar a lubrificação, prevenir oxidação, modificar a viscosidade e inibir a corrosão [3]. Esse material tem o aspecto de um óleo cinza (sem aplicação de campo magnético) como pode ser observado na Fig. 1.



Fig. 1 - Aspecto do fluido magneto reológico sem aplicação de campo magnético e com aplicação de campo magnético, respectivamente (imagem adaptada de [4]).

2.1 FLUIDO MR - COMPORTAMENTO

Quando expostas a um campo magnético, as partículas magnéticas inseridas no fluido apresentam um momento de dipolo magnético paralelo à direção das linhas de fluxo de campo e assim, as partículas anteriormente desordenadas, alinham-se ao longo dessas linhas de fluxo formando uma estrutura em forma de correntes [5], como pode ser observado na Fig. 2.

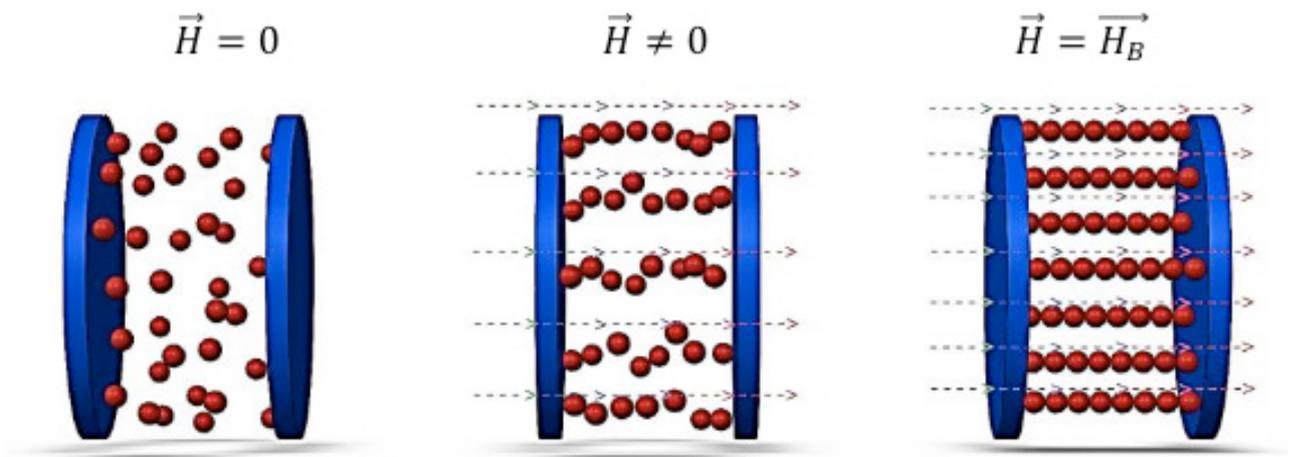


Fig. 2 - Alinhamento das partículas magnéticas presentes no fluido MR.

Para sair dessa configuração, faz-se necessária a aplicação de uma tensão de cisalhamento τ que seja suficientemente grande para fazer com que as correntes formadas pelas partículas deslizem umas sobre as outras. A resistência que essas correntes apresentam ao deslizamento é proporcional à magnitude do campo magnético aplicado, então quanto maior esse campo, maior a interação entre as partículas e maior a tensão de cisalhamento necessária para fazer escoar o material, agora em estado semissólido. A partir do momento em que o fluido começa a escoar, ele passa a exibir uma relação linear entre a tensão de cisalhamento aplicada e a taxa de deformação por cisalhamento $\dot{\gamma}$ (1/s).

Esse comportamento apresentado pelo fluido MR pode ser descrito, de forma simplificada, pelo modelo visco-plástico de Bingham [6], dado por (1):

$$\tau = \tau_o(\vec{H}) + \mu_p \dot{\gamma} \quad (1)$$

É representado graficamente por Fig. 3, em que $\tau_o(\vec{H})$ é a tensão de cisalhamento inicial induzida pelo campo magnético (Pa). μ_p é a viscosidade plástica (Pa.s), definida como a inclinação da linha gerada a partir da medição da tensão de cisalhamento versus a taxa de cisalhamento do fluido $\dot{\gamma}$.

Nota-se que na ausência de campo magnético, $\vec{H} = 0$, o material se comporta como um fluido newtoniano.

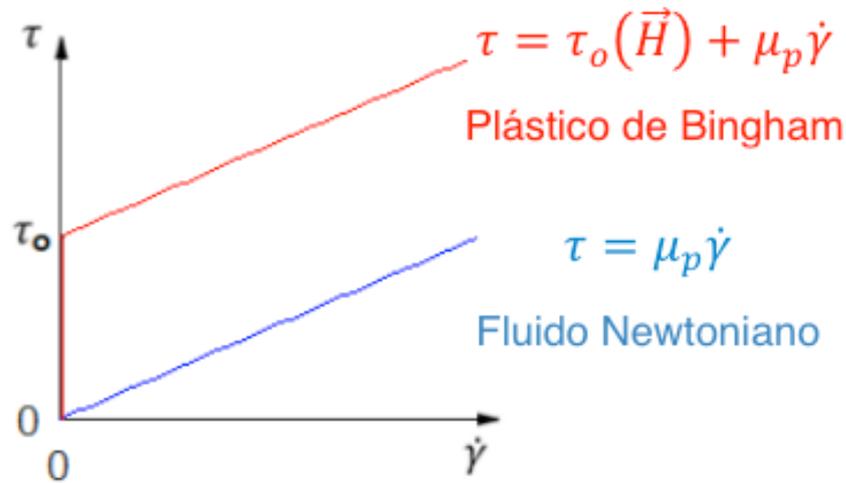


Fig. 3 - Modelo visco-plástico de Bingham.

2.2 FLUIDO MR – MODO DE OPERAÇÃO

O fluido magneto reológico apresenta três modos distintos de operação, sendo estes o modo válvula, modo de cisalhamento e modo de esmagamento [7]. Sendo o modo válvula o mais popular modo de operação e o modo aplicado na operação do pistão MR.

Ainda segundo [7], neste modo os polos magnéticos são fixos e funcionam como válvulas e então o fluido MR é pressurizado de maneira que flua entre esses dois polos. Expondo o fluido ao campo magnético, o alinhamento das partículas criando uma resistência ao fluxo do fluido o que leva a conclusão de que a vazão do material é função da intensidade do campo magnético aplicado. A Fig. 4 representa o modo de válvula.

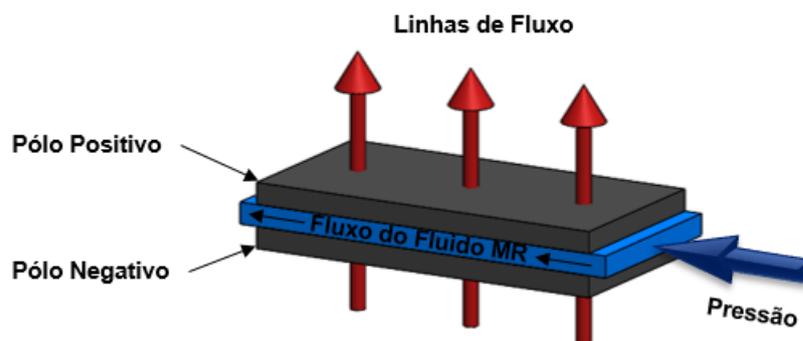


Fig. 4 – Representação do modo de válvula.

2.3 FLUIDO MR – CARACTERIZAÇÃO

Para caracterização dos fluidos magneto reológicos se faz necessária a utilização de equipamentos capazes de obter suas propriedades reológicas em função do campo magnético aplicado, tais como: Tensão de Cisalhamento Inicial e a Viscosidade Plástica.

Visando tal objetivo, neste estudo, foi utilizado um reômetro de placas paralelas, o Reômetro MCR[®] da empresa Anton Paar[®], com Dispositivo MRD[®] acoplado. Tal

equipamento permite obter com maior confiabilidade a resposta que a amostra de fluido analisada apresenta em relação à intensidade do campo magnético aplicado. Este equipamento é composto basicamente por cinco partes principais: uma placa estática na qual é possível depositar a amostra de fluido MR a ser analisada, uma placa móvel acoplada a servo motores (os quais fornecerão torque a esta placa permitindo a sua rotação e consequente cisalhamento do fluido e posicionamento da placa móvel sobre o filme de amostra de acordo com sua altura), bobinas eletromagnéticas capazes de magnetizar o fluido de acordo com o setup desejado, um sensor de carga de compressão, o qual faz a leitura do torque que foi necessário para conseguir girar a placa móvel fazendo o fluido cisalhar e um sistema de aquisição de dados para registro dos valores obtidos. A Fig. 5 mostra de forma esquemática a estrutura desse reômetro.

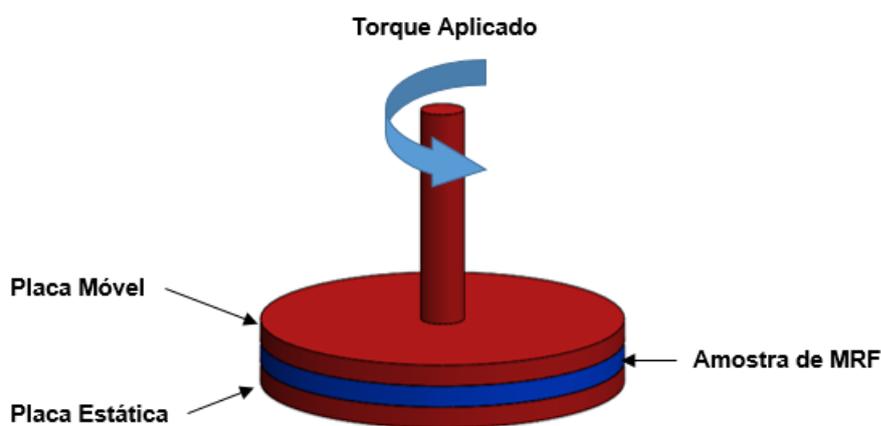


Fig. 5 – Representação simplificada do reômetro de placas paralelas.

Uma sonda de efeito hall também torna-se necessária para medir o fluxo de campo magnético aplicado à amostra.

Para esta análise, foi utilizado um fluido MR comercial da empresa Lord Corporation[®], o MRF 122EG[®].

3 | PISTÃO MAGNETOREOLÓGICO

Uma interessante aplicação dos Fluidos MR está associada ao seu emprego em dispositivos amortecedores os quais têm o objetivo de estabilizar a vibração provocada sobre eles pelo meio. Dessa forma, em conjunto a sistemas de controle que sejam capazes de decodificar uma excitação mecânica e gerar um campo magnético (por meio de impulso elétrico) proporcional a esta excitação, os fluidos MR (localizados no interior das câmaras dos amortecedores) podem ter sua viscosidade alterada proporcionalmente ao estímulo gerado e a vibração sentida pode, então, ser estabilizada.

Esses amortecedores MR são constituídos basicamente por um cilindro principal contendo um pistão, um circuito eletromagnético (bobinas), um acumulador (para alívio de sobrepressão) e o fluido MR, como pode ser observado em Fig.6.

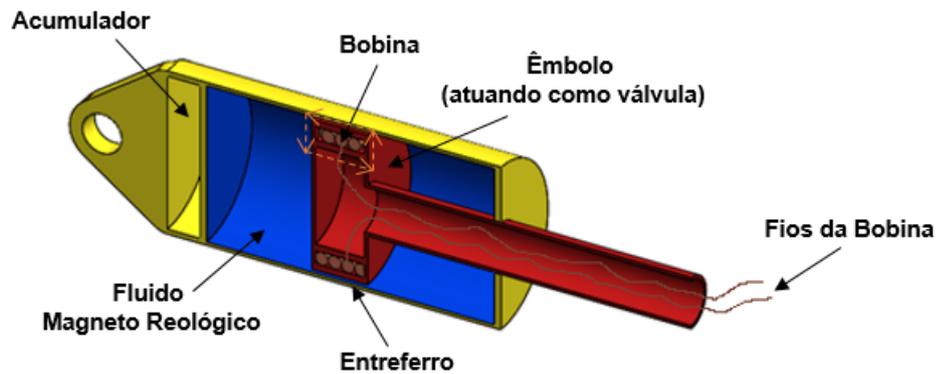


Fig.6 – Representação simplificada de um amortecedor magneto reológico.

Neste caso, devido a forma como a bobina é instalada no êmbolo do pistão, ela cria um campo magnético ao seu redor, proporcional à intensidade do pulso elétrico fornecido, magnetizando o fluido que se encontra nas suas proximidades. Dessa maneira, quando o êmbolo se movimenta, o fluido é pressionado e passa de uma câmara para outra por meio do entreferro (espaço entre o êmbolo e a parte interna do cilindro). Quanto maior for o campo magnético, maior será a viscosidade do fluido MR e maior será a dificuldade do pistão em se movimentar cisalhando esse fluido e dessa forma o sistema consegue absorver de maneira mais efetiva, e proporcional, a vibração imposta sobre ele, quando comparado a um sistema convencional.

Com base nessa configuração, um pistão magneto reológico foi desenvolvido com o intuito de gerar resistência ao movimento de um objeto qualquer preso a sua haste. Os tópicos que seguem revelam a metodologia utilizada para o desenvolvimento de tal dispositivo.

3.1 PISTÃO MR - CONFIGURAÇÃO

O software de desenho CAD 3D – Solidworks[®] foi utilizado para o desenvolvimento do design do mecanismo, tornando possível encontrar a melhor configuração para as necessidades de projeto. Este é representado pela Fig. 7 e conta com o cilindro principal, um êmbolo com encaixe para as bobinas, uma haste com acessório que possibilite prendê-la ao objeto que se deseja controlar o movimento, uma mola de compressão que permite o retorno da haste para a posição inicial e o fluido magneto reológico.

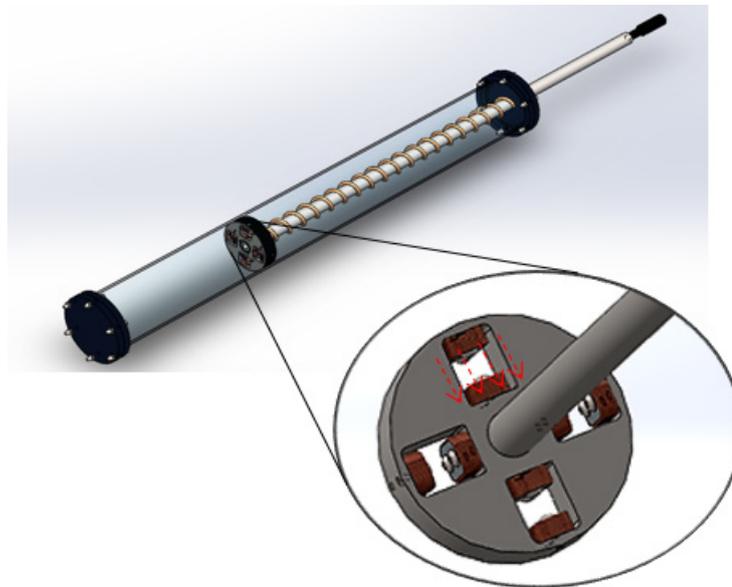


Fig. 7 - Pistão MR com retorno por mola.

As dimensões e material selecionados para o êmbolo estão de acordo com a Tabela 1.

Propriedade	Símbolo	Valor
Espessura	e	0,02m
Densidade do material (aço)	ρ	7900kg/m ³

Tabela 1 – Características do êmbolo.

O funcionamento desse amortecedor se dá pelo movimento do êmbolo dentro do cilindro, onde o fluido magneto reológico flui através dos orifícios presentes nesse êmbolo, os quais possuem bobinas eletromagnéticas acopladas, operando diferentemente dos amortecedores convencionais, em que o fluido escoar através do entreferro. Como o campo magnético gerado é perpendicular à linha de atuação do êmbolo do pistão (válvula), uma região de ativação é criada e as partículas alinhadas criam uma barreira à passagem do fluido, resultando na variação da força necessária para movimentar o mecanismo.

A vantagem desse modelo, quando comparado ao modelo mostrado em Fig. 6 é que devido a configuração das bobinas, as correntes formadas pelas partículas magnéticas estão sempre perpendiculares ao movimento do êmbolo, fato que torna a resistência ao movimento mais acentuada.

Com base no modelo do comportamento reológico do fluido MR (Plástico de Bingham), um modelo mecânico idealizado proposto por [8] foi criado e chamado de Modelo de Bingham. Esse modelo consiste de um elemento de atrito Coulomb colocado em paralelo com o amortecedor viscoso, como mostrado na Fig. 8.

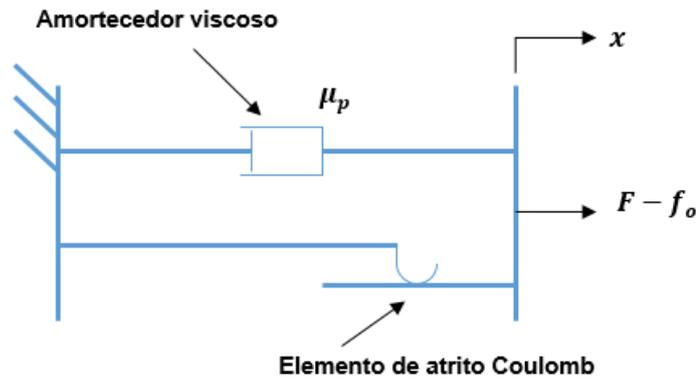


Fig. 8 - Modelo de Bingham.

De acordo com o modelo, para velocidades do pistão diferente de zero, a força $F - f_0$ (N) gerada pelo mecanismo é dada por (2):

$$F = f_c \cdot \text{sgn}(\dot{x}) + \mu_p \dot{x} + f_0 \quad (2)$$

Em que f_c é a força relacionada à tensão de escoamento do fluido (N), dada por (3):

$$f_c = \tau_o(\vec{H}) \cdot A \quad (3)$$

Sendo A a área de seção transversal útil do êmbolo.

sgn é a função sinal, μ_p é a constante de amortecimento plástico (Pa.s), \dot{x} é a velocidade relativa das extremidades do amortecedor (m/s), f_0 é a força incluída na equação devido ao acumulador presente nos amortecedores (N).

Para o caso do pistão aqui modelado em que não há a presença de um acumulador, essa força - f_0 foi retirada da Equação (2) e substituída pela força elástica da mola de compressão.

Com base no equacionamento apresentado e tendo conhecimento do modo de operação tanto do fluido como do dispositivo, o mecanismo foi dimensionado para apresentar a melhor resposta aos estímulos gerados com maior economia possível de material.

3.2 PISTÃO MR – DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento do dispositivo foi realizado um balanço de forças de acordo com o diagrama representado em Fig. 9.

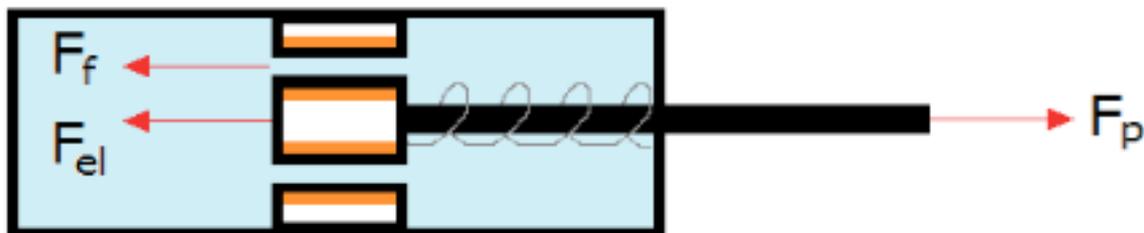


Fig. 9 - Balanço de forças do dispositivo.

Tem-se, assim, que para o fluido magnetizado a força na puxada F - (N) é dada por (4):

$$F = f_c \cdot \text{sgn}(\dot{x}) + \mu_p \dot{x} + F_{el} \quad (4)$$

Em que F_{el} é a força elástica da mola de compressão (N), que de acordo com a Lei de Hooke, é dada por (5):

$$F_{el} = kx \quad (5)$$

Sendo k a constante elástica da mola (N/m), a distância percorrida pelo pistão (m).

No retorno do êmbolo à posição inicial, o sistema é desmagnetizado e o fluido opera como um fluido newtoniano. A volta se dá devido à força da mola, com baixa resistência devido ao fluido que apresenta suas partículas dispersas. As Equações (6) e (7) mostram o balanço das forças na volta:

$$F_{volta} = F_{el} - F_{f(off)} \quad (6)$$

$$F_{f(off)} = \tau_{off} \cdot A \quad (7)$$

Em que τ_{off} é a tensão de cisalhamento em *Off State* (Pa) (sem aplicação de campo magnético).

E lembrando que, pela segunda lei de Newton, a força é uma relação de massa e aceleração, assim, conhecendo as dimensões do êmbolo e sabendo o material do qual é fabricado (aço) e assim, a sua densidade, é possível manipular (6) de forma a obter (8):

$$m \cdot a = F_{el} - \tau_{off} \cdot A \quad (8)$$

Sendo que a massa do pistão m – (kg) é dada por (9):

$$m = V \cdot \rho \quad (9)$$

Em que V é o volume do pistão (m^3) (que pode ser determinado com a descoberta do raio ótimo do êmbolo).

Para que fosse possível encontrar as dimensões ótimas do sistema de acordo com as exigências de projeto, alguns dados de entrada foram estabelecidos como pode-se observar na Tabela 2.

Propriedade	Símbolo	Valor
Velocidade requerida para volta	v_volta	0,7m/s
Velocidade de puxada (ida)	v_ida	0,1725m/s
Força máxima requerida na puxada	Fp	2500N
Percurso do pistão	d	0,7m

Tabela 2 – Dados de entrada de projeto.

3.3 PISTÃO MR – ANÁLISE NUMÉRICA

A partir dos dados previamente estipulados como exigência de projeto para que o pistão pudesse operar de forma favorável, o raio ótimo do êmbolo – (m) pode ser determinado. Tendo conhecimento deste dado, a área de seção transversal do êmbolo, dada por (10), e o diâmetro interno da camisa do pistão puderam ser determinados de forma otimizada.

$$A = \pi R^2 \quad (10)$$

Lembrando que o dispositivo deveria ter tamanho tal que gerasse a força máxima requerida com o menor volume de recipiente (da camisa do pistão) possível, pois quanto menor fosse o êmbolo, menor seria o volume do sistema e assim, menos fluido magneto reológico seria empregado na operação, fator de extrema importância para economia de material aplicado em um projeto de engenharia.

Além disso, foi preciso garantir, antes da construção do protótipo, que este iria gerar a força máxima requerida quando o fluido estivesse na sua máxima magnetização e que quando a magnetização fosse nula o êmbolo teria tamanho tal que retornaria a sua posição inicial na velocidade exigida. Lembrando que quanto maior é o pistão, maior é a força que

dificulta a volta.

Como todas as equações para o dimensionamento do sistema envolvem o Raio ótimo do êmbolo foi preciso desenvolver um programa computacional iterativo que envolvesse todas as equações e as curvas dos dados analisados experimentalmente de forma a retornar um valor favorável para o raio e que suprisse, ao mesmo tempo, todas as necessidades de projeto, gerando a força necessária com menos gastos de material e tornando possível o conhecimento da quantidade de fluido MR a ser utilizada.

O código computacional foi desenvolvido no software MATLAB® e assim, os dados de projeto foram obtidos pela análise numérica, diminuindo as possibilidades de erro ao construir o mecanismo.

4 | 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que fosse possível variar o campo magnético, foi variada a corrente elétrica, obtendo dados conforme a Tabela 3.

Corrente Elétrica - A	Campo magnético - mT
0	0,7
2	345
3	511
4	658
5	768

Tabela 3 – Campo magnético em função da corrente elétrica

Os dados de tensão de cisalhamento e taxa de deformação por cisalhamento foram obtidos experimentalmente, em duplicata, com auxílio do Reômetro MCR® Anton Paar®. Os dados foram inseridos no programa MATLAB® e uma programação foi realizada para gerar a média aritmética entre eles. Os gráficos que revelam a variação da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação por cisalhamento, podem ser observadas nas Figuras 10-a a 10-d.

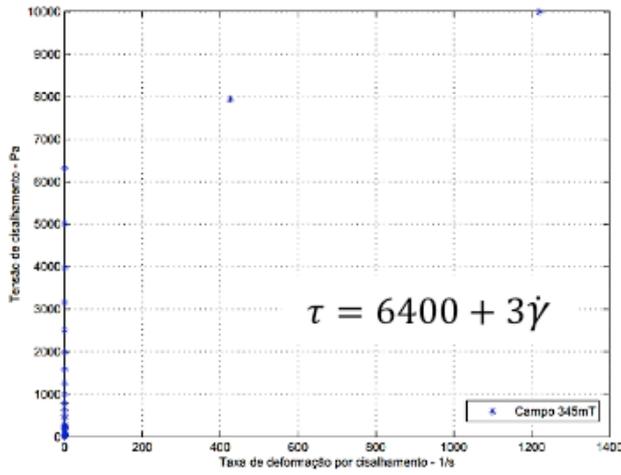


Fig. 10.a –Comportamento magneto reológico do fluido MRF 122-EG submetido a um campo magnético de 345mT.

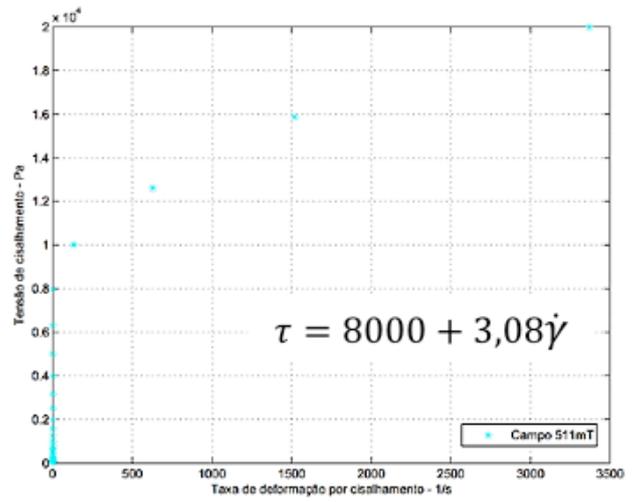


Fig. 10.b –Comportamento magneto reológico do fluido MRF 122-EG submetido a um campo magnético de 511 mT.

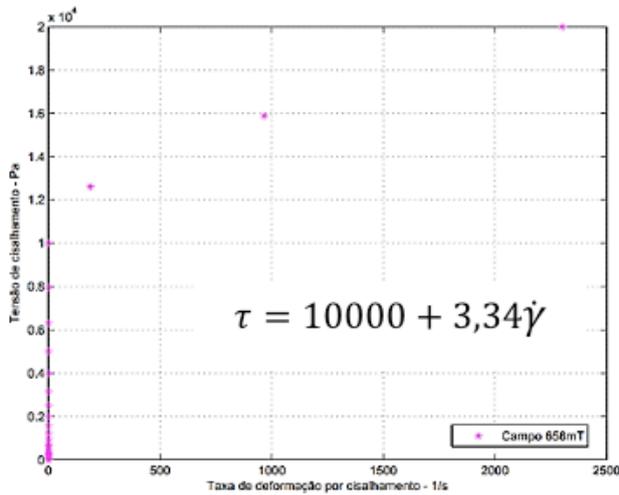


Fig. 10.c –Comportamento magneto reológico do fluido MRF 122-EG submetido a um campo magnético de 658mT.

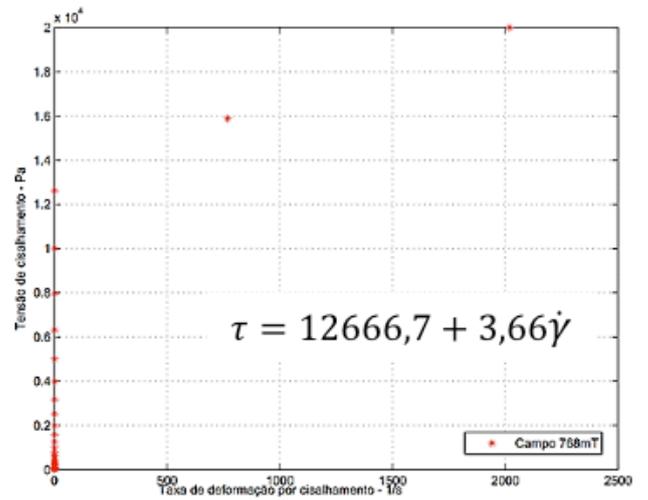


Fig. 10.d –Comportamento magneto reológico do fluido MRF 122-EG submetido a um campo magnético de 768 mT.

De acordo com os gráficos apresentados nas Fig.10 foi possível determinar a tensão de cisalhamento inicial do material e sua viscosidade plástica a diferentes campos magnéticos. Lembrando que a viscosidade plástica é dada pelo coeficiente angular dos seguimentos de reta para cada campo aplicado, a partir de $\dot{\gamma} = 100/s$ (taxa de deformação por cisalhamento), ponto em que é possível notar que o fluido começa a escoar e a inclinação de sua curva estabiliza. Tais dados podem ser observados na Tabela 4.

Campo magnético aplicado – \vec{H} (mT)	Viscosidade Plástica – μ_p (Pa.s)	Tensão de cisalhamento inicial – τ_0 (Pa)
0,7	0,044	2
345	3,00	6400
511	3,08	8000
658	3,34	10000
768	3,66	12666,7

Tabela 4 – Propriedades reológicas do MRF 122-EG.

A partir dos dados obtidos, é possível notar como a viscosidade plástica do material se altera com a aplicação de campo magnético se tornando um material cada vez mais consistente.

Nota-se também que a tensão de cisalhamento cresce proporcionalmente com o aumento do campo magnético aplicado e praticamente linear com o aumento da taxa de deformação por cisalhamento, comportamento típico de um visco plástico, no qual os plásticos de Bingham estão inseridos.

Analisando os dados encontrados e “chutando” um valor inicial para o Raio ótimo do êmbolo que fosse suficientemente grande para que fosse possível acoplar a haste e as bobinas de forma a obter uma geometria que possibilitasse o correto funcionamento do mecanismo, e o suficientemente pequeno para evitar desperdício de material e gerar a força requisitada pelo projeto, obteve-se, por meio de análise numérica (iterações) que: com campo magnético de 511mT (3A) a força máxima requerida já seria obtida, com raio de tamanho favorável. Os resultados finais estão presentes na Tabela 5.

Propriedade	Símbolo	Valor
Força máxima	F	2472,2 N
Corrente máx. necessária	i	3 A
Campo magnético máx. necessário	\vec{H}	511 mT
Viscosidade plástica máx. necessária	μ_p	3,08 Pa.s
Tensão de cisalhamento máx.	τ_0	20 kPa
Raio ótimo do êmbolo	R	0,040 m
Peso do êmbolo	m	2,5 kg
Força elástica para retorno	F_{el}	28 N

Tabela 5 - Parâmetros finais de projeto.

Como a força elástica auxilia na resistência ao movimento na puxada e é elemento mecânico necessário para realizar o movimento de volta, tem-se que sua intensidade foi estipulada como sendo 28 N que é a força necessária para completar os 2500 N de força máxima na ida, requisito pré estipulado pelo projeto.

Para verificar se esses 28 N de força elástica seriam suficientes para fazer o mecanismo voltar à posição inicial em no máximo 1s ($v = 0,7\text{m/s}$ em um percurso de 0,7m), foi preciso inserir os dados encontrados na análise e apresentados na Tabela 5 nas Equações (8) e (10), sendo τ_{off} encontrado por meio dos dados apresentados na Fig.11.

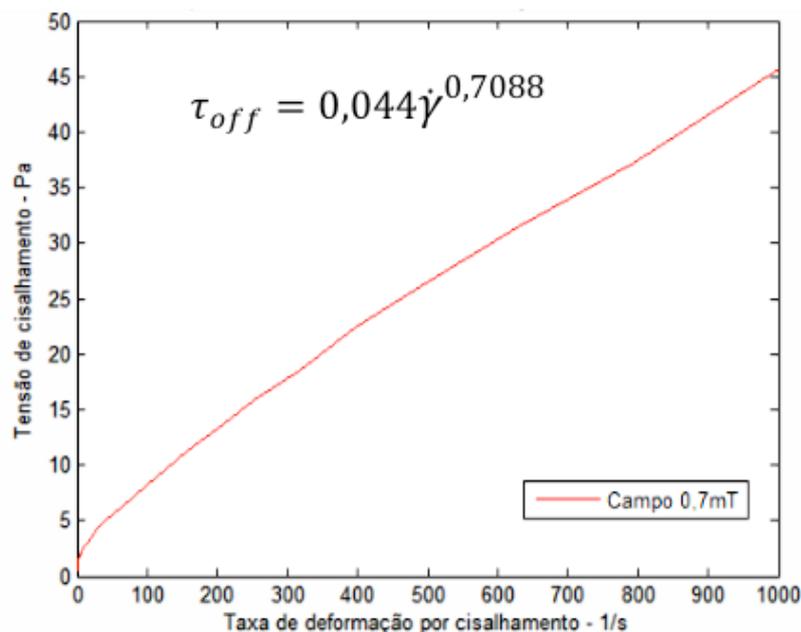


Fig. 11 – Tensão de cisalhamento x taxa de deformação por cisalhamento em *OFF State*.

Substituindo os valores de tensão de cisalhamento em *off state* (sem aplicação de campo magnético) em (8), obteve-se que a aceleração do mecanismo é cerca de 11m/s^2 o que garante a volta do êmbolo à posição inicial em menos de 1s, o que revela que $F_{el} = 28\text{N}$ é força suficiente para fazer o dispositivo operar conforme as necessidades do projeto.

5 | CONCLUSÃO

Esta pesquisa foi de fundamental importância para o dimensionamento dos componentes principais de um pistão magneto reológico, pois permitiu por meio da análise numérica a obtenção das dimensões ótimas do dispositivo estudado, o que na engenharia é peça essencial para o desenvolvimento de um projeto funcional e de custos reduzidos, capaz de gerar lucros sem gastos desnecessários e com dimensões que corroborem com a expectativa do projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Dr. Antônio José Faria Bombard da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI por toda colaboração, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Maringá - UEM e a CAPES pelo subsídio a mim concedido.

REFERÊNCIAS

- [1] SPENCER, B. F. et al. Phenomenological model for magnetorheological dampers. **Journal of engineering mechanics**, vol. 123, n. 3, p. 230-238, 1997.
- [2] SPAGGIARI, A. Properties and applications of Magnetorheological fluids. **Frattura ed Integrità Strutturale**, n. 23, p. 48, 2013.
- [3] BLACK, T.; CARLSON, J. D. **Synthetics, mineral oils, and bio-based lubricants: chemistry and technology**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006.
- [4] SIDPARA, A. **Magnetorheological finishing: a perfect solution to nanofinishing requirements**. *Opt. Eng.* 53(9), 092002 (Mar 31, 2014).
- [5] KCIUK, M.; TURCZYN, R. Properties and application of magnetorheological fluids. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, v. 18, n. 1-2, p. 127-130, 2006.
- SHAMES, Irving H. **Elastic and inelastic stress analysis**. CRC Press, 1997.
- [6] LIMA, A. S. de. **Identificação experimental de um Sistema magneto-reológico**. Rio de Janeiro: COPPE, 2011.
- [7] STANWAY, R. SPROSTON, J.L. and STEVENS, N.G. **Non-linear Identification of an Electrorheological Vibration Damper**. IFAC Identification and System Parameter Estimation, pp. 195–200, 1985.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alcalinidade 141, 142, 143, 144, 148, 149, 150, 151, 152
Análise dinâmica 95
Análise numérica 103, 104, 114, 116, 118

B

Biodiesel 142, 144, 147, 149, 150, 151, 152, 189

C

Captura de movimento 10, 58, 59
Cogeração 154, 159, 160
Combustão interna 1, 2, 3, 68, 73, 124, 125, 126, 127, 132, 135, 138
Controlador 119, 120, 122, 123
Corantes 176, 179, 213, 220

D

Demanda energética 1, 2, 4, 6, 127
Discretização 78, 79, 80, 81, 93

E

Eficiência energética 40, 42, 44, 45, 46, 48, 50, 55, 124, 154, 158, 159, 160
Eletr deposição 14, 15, 16, 20, 24, 27
Emissões de gases 127, 154
Energias renováveis 14, 26
Ensaio 162, 164, 165, 170, 172, 173, 195, 196, 208, 210, 269
Equação Diferenciais 95
Extensão da Vida Útil 28

F

Figuras planas 78, 80, 93
Fluido magneto reológico 103, 104, 105, 107, 109, 110, 113
fluidos 37, 54, 103, 107, 108, 135, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153
Fluidos 104, 108, 142, 153
Fluido Visco Plástico 103
Fotocatálise 176, 179, 186, 212, 213, 219

G

Gases de exaustão 124, 127, 133, 135, 136
Gases de Exaustão 134
Gerador termoelétrico 124, 128
Grandezas monitoradas 28, 34, 35

I

IEC 61850 28, 30, 37, 38

Impacto 3

IMU 58, 59, 60

Infraestrutura 1, 2, 3, 7, 11, 12, 42, 43, 44, 45, 48, 52, 59

Injeção eletrônica 67, 68, 69, 71, 76, 77

M

Matemática intervalar 67, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76

Materiais compósitos 162, 163, 170, 171, 175

Mecânica 9, 78, 94, 101, 103, 118, 124, 141, 175, 279

Método de Newmark 95, 97

Motor 2, 3, 36, 37, 58, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 98, 124, 125, 126, 127, 129, 132, 133, 135, 138

N

Não linearidades 95, 100

O

Óxido de cobre 14, 20, 25

Óxido de titânio 14, 20

P

Paralisia cerebral 10, 58, 59

Perfuração 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153

Perfuração 11, 141, 153

Peso 162, 163, 164, 165, 166, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 180, 266, 276, 277

PID 119, 120, 122, 123

Pistão MR 103, 110

Potência 8, 10, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 46, 50, 51, 124, 126, 127, 131, 133, 136, 137, 138, 205

Precisão 20, 46, 65, 67, 71, 73, 74

Propriedades geométricas 78, 79, 80, 81, 84, 93, 134

S

Semicondutores 14, 15, 26, 124, 129, 134, 135, 136, 176, 179, 184, 187, 213

Sensor inercial 58

Suspensão coloidal 103

Suspensão Coloidal 103

T

Transformadores 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

V

Veículo Elétrico 2, 3, 12, 13

Vibração 35, 108, 109, 119, 120, 123

 **Atena**
Editora

2 0 2 0