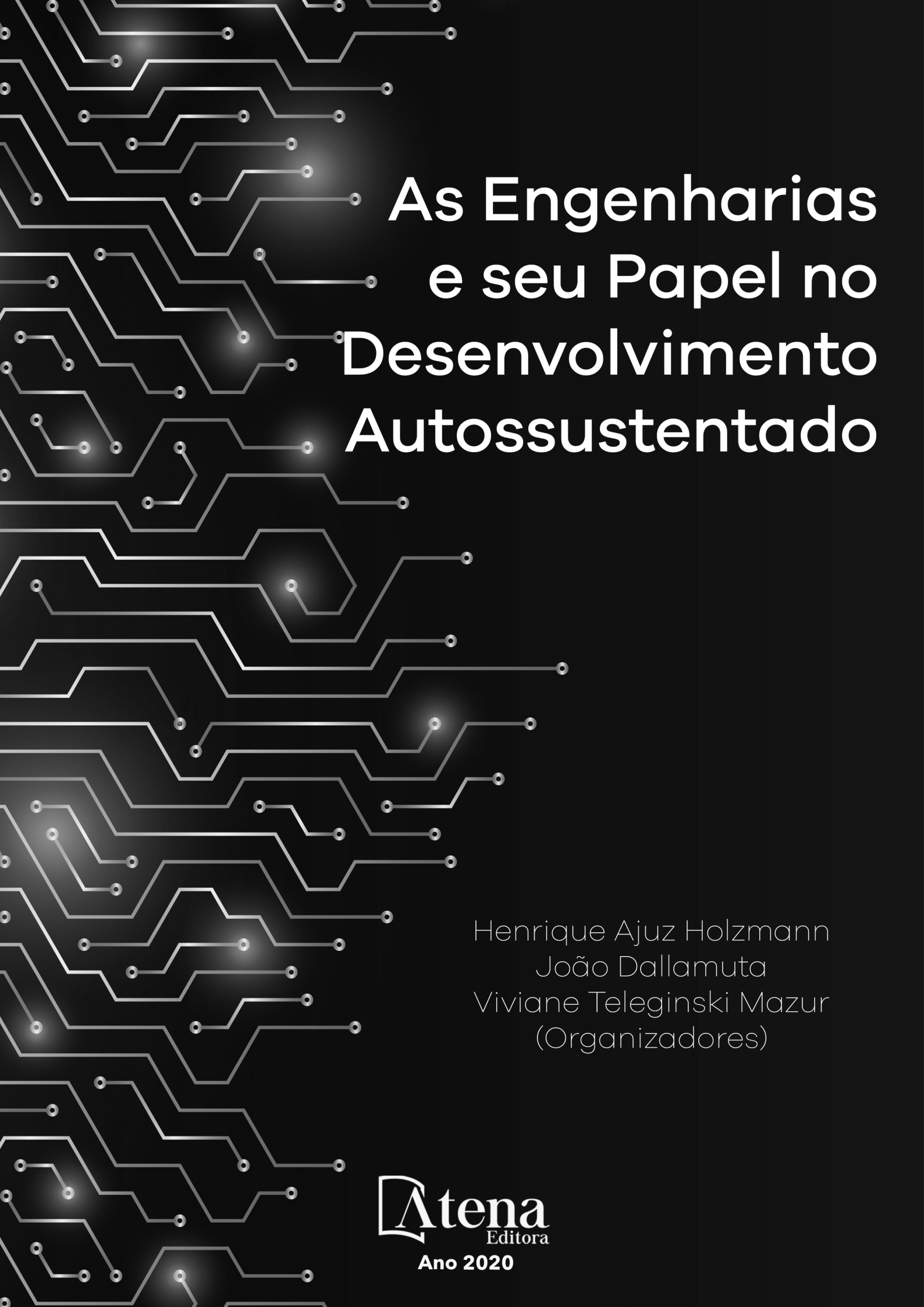


As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

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: Profª Drª 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

Profª Drª 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

Profª Drª 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

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª 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

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

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

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª 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

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
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

MÓDULO DE SENSORIAMENTO INERCIAL APLICADO À CAPTURA DE MOVIMENTO DA MARCHA NA PARALISIA CEREBRAL

Data de aceite: 19/06/2020

Lucas Novaki Ribeiro

Laboratório de Biomecatrônica, Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo,
São Paulo

Rafael Traldi Moura

Laboratório de Biomecatrônica, Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo,
São Paulo

RESUMO: A reabilitação da população deficiente é essencial para garantir um aumento na qualidade de vida, e este processo ganha ainda mais relevância no Brasil, considerando que quase um quarto da população possui algum tipo de deficiência. Neste contexto, a fim de prover acompanhamento médico no ganho de funções motoras, sistemas comerciais de captura de marcha são empregados. Contudo, estes sistemas tem baixa portabilidade, são de elevado custo e não fornecem parâmetros de marcha específicos para pessoas com paralisia cerebral – deficiência grave com maior incidência na infância. Assim, este trabalho trata do desenvolvimento de um sistema de sensoriamento inercial portátil e de baixo

custo, aplicado à captura tridimensional da marcha de crianças com paralisia cerebral. Foi obtido um erro de 16,6% em comparação com um sistema óptico padrão ouro na determinação do tamanho do passo.

PALAVRAS-CHAVE: Paralisia cerebral; IMU; captura de movimento; sensor inercial

ABSTRACT: The rehabilitation of the disabled population is essential to guarantee an increase in quality of life, but this task is even more relevant in Brazil, considering that almost a quarter of the population has some type of disability. In this context, in order to provide medical monitoring for the gain of motor functions, commercial motion capture systems are employed. However, these high-cost systems have low portability and do not provide specific gait analysis for people with cerebral palsy - a severe deficiency with high incidence in childhood. Thus, the purpose of this research was to develop a portable, low-cost inertial wearable device, which is oriented to the 3D gait capture of children with cerebral palsy. The comparison to a gold standard optical system resulted in an error of 16,6% for the measurement of the step size.

KEYWORDS: Cerebral palsy; IMU; motion capture; inertial sensor

1 | INTRODUÇÃO

A reabilitação de pacientes com alguma deficiência tem papel fundamental na melhora de funções corporais, bem como na inclusão e participação desta população no mercado de trabalho e vida cívica [1]. Para crianças com paralisia cerebral (PC), a reabilitação de marcha tem grande potencial em maximizar a autonomia, permitindo uma maior participação na vida social e educação. Além disso, quando iniciada na fase infantil, a reabilitação de todas as formas de deficiência tem maior capacidade de obter melhores resultados[1]. Sendo portadores de distúrbios neuromotores, pessoas com PC têm o modo de andar afetado, de forma que o estudo e análise da marcha destes pacientes auxiliam na mensuração da evolução de tratamentos. Frequentemente, as escalas e métodos empregados no ambiente clínico para avaliar a marcha são subjetivos. Especialistas analisam visualmente a qualidade da marcha fazendo o paciente andar por um trecho determinado, e em seguida o próprio paciente faz uma auto avaliação. A utilização de parâmetros objetivos, que forneçam aos profissionais da saúde informações relevantes com elevado grau de acurácia, fornece um complemento ao tratamento feito com técnicas subjetivas [2]. Assim, o uso de tecnologias acessíveis que prestam assistência em tratamento e acompanhamento clínico é aliado importante na fase de reabilitação. Já existem atualmente opções de sistemas comerciais de análise de marcha e reabilitação. O VICON® possibilita a captura de movimentos tridimensionais através de um sistema de câmeras e marcadores fixos em pontos anatômicos específicos do sujeito. O LOKOMAT® é uma esteira equipada com exoesqueleto de membro inferior que permite o controle do padrão de marcha. O CAREN® é um ambiente de reabilitação com uma interface de realidade virtual e uma plataforma 5 móvel com 6GL. Um conjunto de sensores ópticos e de pressão obtêm os parâmetros de marcha que auxiliam na recuperação de pacientes. Contudo, a baixa portabilidade e o elevado custo destes sistemas restringem seu uso a grandes centros de reabilitação ou centros de pesquisa de ponta que dispõem de infraestrutura complexa e pessoal especializado. Considerando que a população deficiente possui menor participação na economia e maior índice de pobreza quando comparada com a população sem deficiência [1], o acesso a essas tecnologias se mostra difícil, tornando ainda mais urgente o desenvolvimento de soluções acessíveis de baixo custo direcionadas à reabilitação motora de pacientes com PC. Neste contexto, torna-se importante o desenvolvimento de soluções para sistemas de captura de movimento sem marcadores, independentes de infraestrutura fixa e cara. Assim, a pesquisa aqui propõe uma solução alternativa para o estudo dos movimentos de pacientes com PC, através da utilização de unidades de medição inercial IMU (Inertial Measurement Unity). O projeto desenvolvido consiste no design e construção de um sistema de sensoriamento inercial de baixo custo, portátil e não restritivo ao movimento humano. Os dispositivos poderão no futuro ser aplicados na captura de movimento 3D das juntas e membros inferiores durante a marcha de crianças com paralisia cerebral.

2 | METODOLOGIA

2.1 Estrutura do sistema de sensoriamento

A entrada do sistema concebido foi o movimento do andar do sujeito. Ele vestiu dois módulos inerciais em cada perna: um na coxa e um na perna. Além dos sensores inerciais, o sujeito utilizou um sensor de força em cada pé, localizado no calcanhar e fixado na palmilha. O uso deste tipo de sensor permitiu identificar eventos na marcha e guiar o tratamento de dados das IMUs. Ao final do processamento de sinal obtidos pelos sensores, foi gerado um arquivo CSV contendo uma matriz da posição 3D (x, y, z) das articulações estudadas. A partir deste arquivo final, parâmetros de marcha espaço-temporais podem ser obtidos em futuras aplicações do dispositivo como tecnologia de reabilitação.

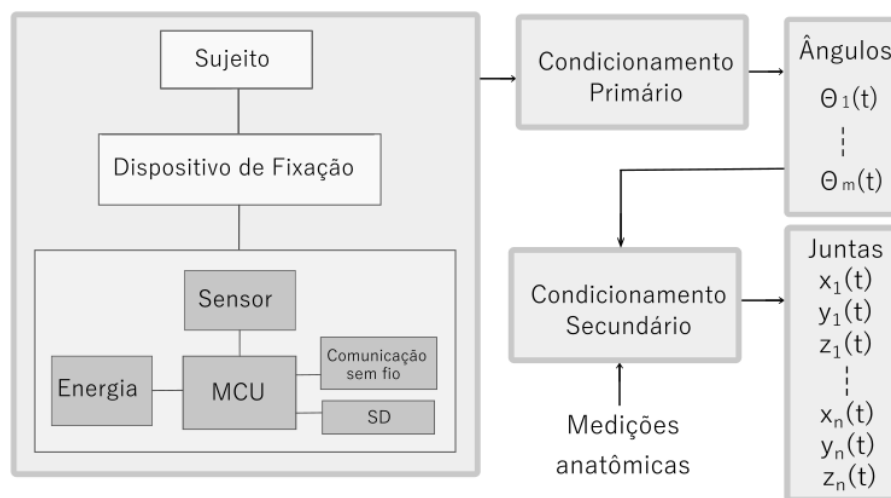


Figura 1: Estrutura proposta do sistema de sensoriamento inercial

2.2 Modelagem e Equacionamento

De forma a obter as posições 3D das articulações dos membros inferiores (junta do quadril, joelho e tornozelo) foi considerado que: (a) os membros inferiores são corpos rígidos e podem ser modelados como segmentos que conectam articulações, modeladas como pontos; (b) a variação angular do quadril durante a marcha é pequena e pode ser desprezada; (c) sempre há pelo menos uma parte de um dos pés em contato com o chão. Em especial (a) e (b) são simplificações usadas no modelo biomecânico de duplo pêndulo invertido[3].

Inicialmente, para o estudo da marcha saudável, é razoável supor que o sujeito anda sempre em linha reta, as variações de movimento na direção perpendicular ao movimento são mínimas, e que não há rotação dos membros na direção dos ossos. Desta forma, as IMUs na perna e coxa podem identificar o ângulo que estes segmentos fazem com a direção vertical. Seja M_i o módulo inercial i ($i = 1, 2, 3, 4$), e θ_i o ângulo formado pelo eixo z de M_i e a direção horizontal, conforme mostra a Figura 2. O output de orientação absoluta em quaternions da IMU BNO055 e, em seguida, um tratamento matemático adequado permitiram calcular o ângulo θ_i .

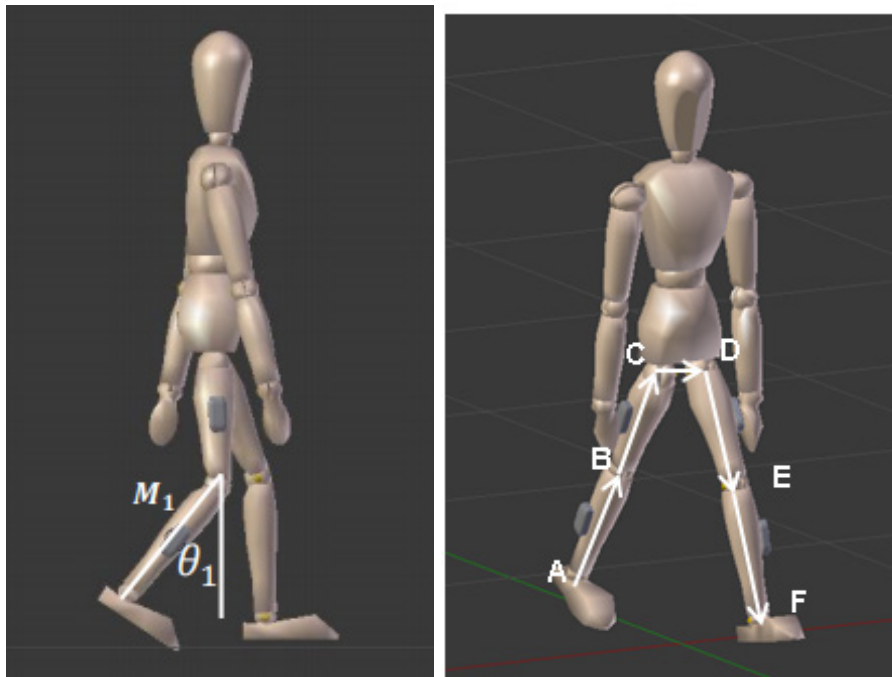


Figura 2: Ângulo entre módulo inercial e solo. Figura 3: Cálculo das posições das articulações usando cadeia aberta de elos

Considerando agora:

A: tornozelo esquerdo;

B: joelho esquerdo;

C: junta esquerda do quadril;

D: junta direita do quadril;

E: joelho direito;

F: tornozelo direito;

l_1 : tamanho da perna direita;

l_2 : distância entre joelho direito e junta do quadril;

l_3 : distância entre juntas do quadril;

l_4 : distância entre joelho esquerdo e junta do quadril;

l_5 : tamanho da perna esquerda

Supondo conhecido o ponto A em um sistema de coordenadas global e considerando que o pé esquerdo está em contato com o chão, temos como obter os outros pontos utilizando as seguintes equações vetoriais:

$$B = A + l_1[\cos\theta_1 \ 0 \ \sin\theta_1]^T$$

$$C = B + l_2[\cos\theta_2 \ 0 \ \sin\theta_2]^T$$

$$D = C + l_3[\ 0 \ 1 \ 0]^T$$

$$E = D - l_4[\cos\theta_3 \ 0 \ \sin\theta_3]^T$$

$$F = E - l_5[\cos\theta_4 \ 0 \ \sin\theta_4]^T$$

Esta soma vetorial em cadeia aberta pode ser vista em mais detalhes na Figura 3. Adotando o modelo de duplo pêndulo invertido, ignora-se a variação angular do quadril, então se considera que o vetor DC sempre será paralelo ao eixo y. Usando as equações acima, é possível calcular as posições das articulações a partir de um ponto conhecido e os ângulos das IMUs. O início da fase de duplo apoio será identificado pelos sensores de força, localizados na palmilha do sujeito. A posição do ponto F, antes em movimento, agora é fixa, já que o pé correspondente está apoiado no solo. Portanto, pode-se repetir o procedimento de cálculo de posições de um sistema de elos em cadeia aberta. Desta vez, calculam-se todos os outros pontos a partir de F.

2.3 Projeto do Dispositivo

No projeto eletrônico do dispositivo, foi desenvolvido no software DipTrace o esquemático da placa eletrônica do sistema embarcado. Ao todo, foram fabricadas quatro placas, uma para cada módulo inercial. No projeto de software do microcontrolador empregado (ESP-32) foi implementada uma máquina de estados que garante a correta aquisição de dados e comunicação com o programa em MATLAB. O condicionamento do sinal para obtenção dos ângulos dos segmentos e posições das articulações foi inteiramente conduzido no MATLAB. Em relação à estrutura física para abrigar o sistema embarcado, foi selecionada uma caixa plástica com dimensões adequadas e foram realizadas operações de usinagem.

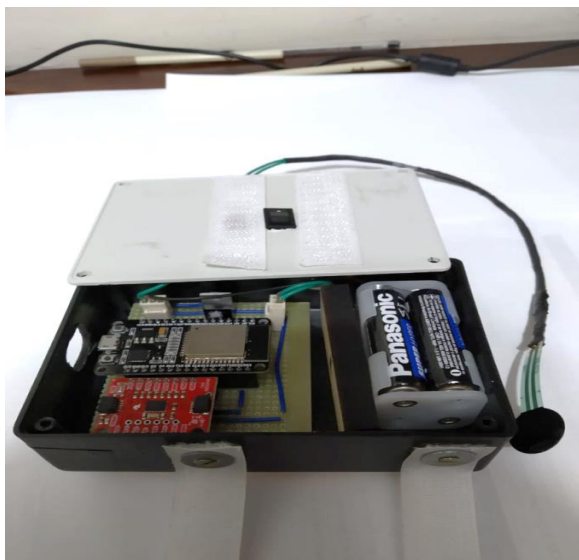


Figura 4: Protótipo final do módulo de sensoriamento inercial

2.4 Validação

A validação do sistema proposto foi feita com o sistema padrão ouro OptiTrack em sujeitos saudáveis, com o auxílio de 10 marcadores ópticos. Os sujeitos andaram em uma esteira enquanto os dados dos dois sistemas foram coletados. De forma geral, o protocolo de teste consistiu em (1) medições anatômicas dos segmentos dos membros inferiores e quadril (distância entre ossos fêmur); (2) calibração dos módulos inerciais e sensor de força dos pés; (3) coleta de dados com esteira a 3 km/h.

3 | RESULTADOS

Serão apresentados os gráficos de ângulos dos segmentos e posições das articulações para um dos sujeitos, a fim de comparar o sistema de Módulos Inerciais (MI) com o sistema padrão ouro OptiTrack (OP).

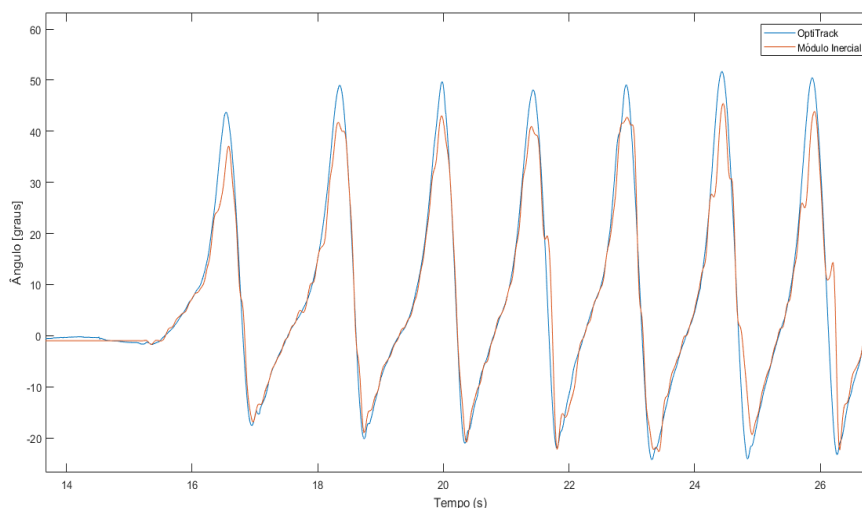


Figura 5: Ângulo da perna esquerda com a direção vertical

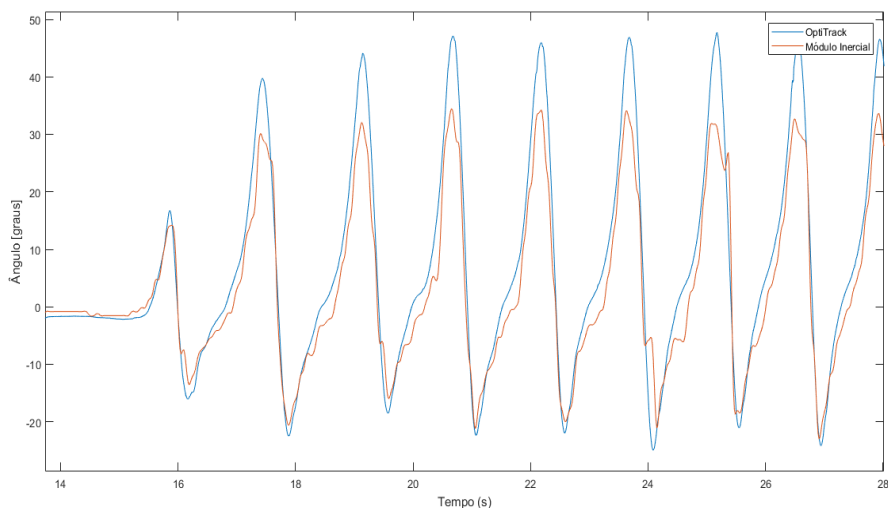


Figura 6: Ângulo da perna direita com a direção vertical

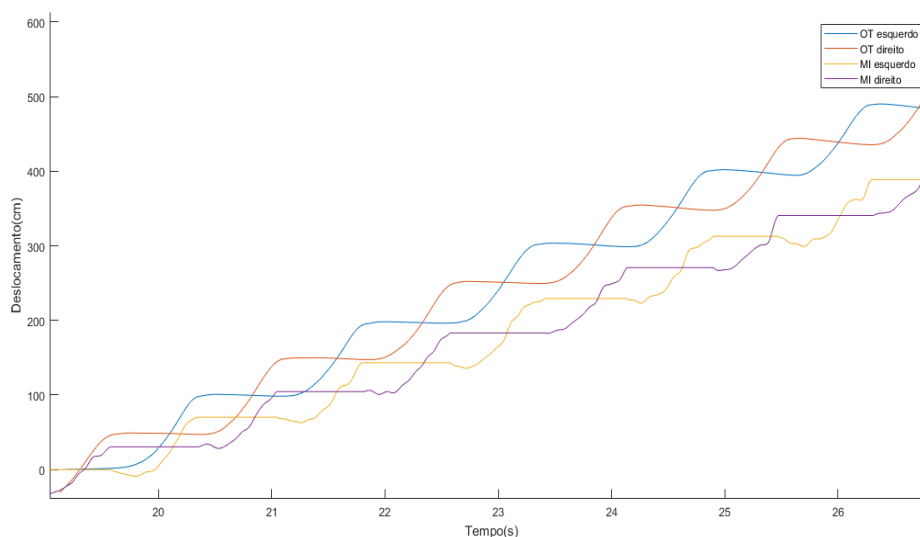


Figura 7: Posição dos calcanhares na direção do movimento

4 | DISCUSSÃO

Na primeira etapa de condicionamento do sinal, foram calculados os ângulos de pitch de cada um dos quatro segmentos analisados. O sistema desenvolvido, chamado aqui de Módulo Inercial, apresentou resultados muito próximos do sistema padrão ouro para a coxa esquerda, conforme mostra a Figuras 5. Os desvios principais podem ser vistos nos picos e vales da curva obtida para seis ciclos de marcha. A raiz do erro médio quadrático (RMSE) foi de 4,8 para a perna esquerda.

Analisando o mesmo sujeito no entanto, para a perna direita o valor de RMSE foi 6,7. De fato, é possível ver na Figura 6 como o sistema MI apresentou uma curva que segue a tendência de movimento mas não com valores próximos ao padrão ouro. Uma possível justificativa é que a fixação dos dispositivos no lado direito não seguiram as exigências de

alinhamento com os ossos do sujeito.

Os erros na determinação dos ângulos de pitch provocam um erro acumulativo na determinação da posição dos pontos das articulações. Conforme mostra a Figura 7, há um desvio crescente já que ocorreu uma subestimação no deslocamento do calcanhar e joelho por MI para cada passo. Como o modelo de marcha utilizado não considera a rotação do quadril, há um erro sistemático crescente para a posição. A comparação entre a evolução da posição do calcanhar e da junta do quadril no sistema OptiTrack permite concluir que a rotação do quadril contribui com cerca de 17% do deslocamento do calcanhar em um passo da caminhada.

Usando as curvas do calcanhar, pode-se avaliar o erro do sistema MI. Foram selecionados pontos que correspondem aos instantes em que o pé toca o chão e a posição se torna temporariamente constante. A partir destes pontos foi feita uma regressão linear (Figura 8) para comparar a inclinação das retas. Por meio do coeficiente linear das retas, calculou-se o erro do sistema MI para estimação do tamanho de um passo, o qual corresponde a 16,6%.

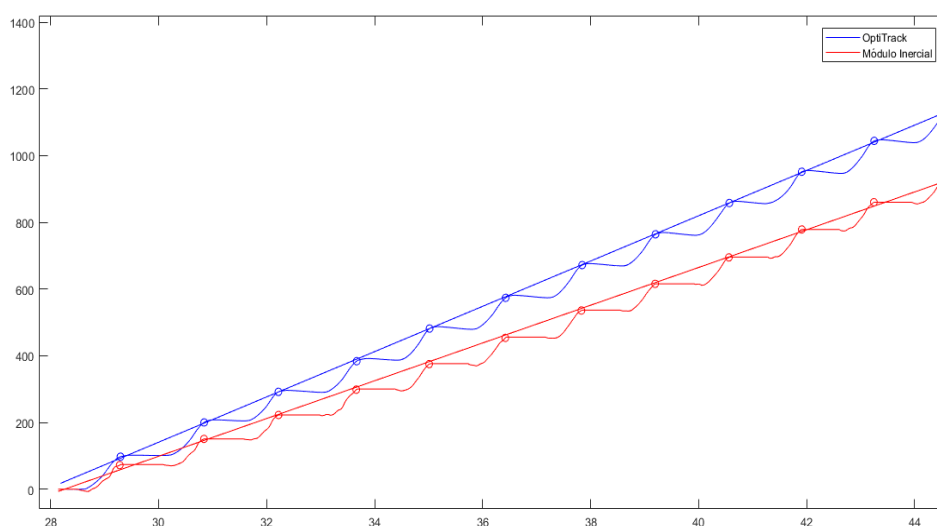


Figura 8: Avaliação do erro do sistema MI com regressão linear

5 | CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa foi o desenvolvimento de um sistema de sensoriamento inercial de baixo custo, portátil e não restritivo ao movimento humano. Seguindo este objetivo, foi feito um projeto mecânico, eletrônico e de software que permitisse englobar todos estes aspectos, buscando a melhor precisão.

O resultado final foram quatro módulos inercias, os quais tem um dispositivo de fixação para a perna e coxa e mantém uma comunicação sem fio com um computador. Foram realizados testes em uma esteira e foi empregado o sistema de câmeras OptiTrack padrão-ouro para validar o sistema.

Ao final, respeitando um requisito de projeto, foi possível gerar um arquivo CSV com

as posições das juntas dos membros inferiores. O cálculo da distância percorrida pelo calcanhar em um passo obteve um erro de 16,6%. O modelo de marcha empregado não considera a rotação do quadril, a qual contribui com cerca de 17% do movimento na direção da caminhada. É possível concluir que a busca por uma melhor acurácia do sistema deve adotar um modelo de marcha com menos simplificações e que não despreze esta rotação do quadril. Ainda assim, os resultados foram positivos e corroboram a ideia de que a tecnologia de sensores inercias, do modo proposto neste trabalho, é uma potencial ferramenta para reabilitação motora.

REFERÊNCIAS

WHO (World Health Organization), "World report on disability 2011," *Am. J. Phys. Med. Rehabil. Assoc. Acad. Physiatr.*, vol. 91, p. 549, 2011.

A. Muro-de-la-Herran, B. García-Zapirain, and A. Méndez-Zorrilla, "Gait analysis methods: An overview of wearable and non-wearable systems, highlighting clinical applications," *Sensors (Switzerland)*, vol. 14, no. 2, pp. 3362–3394, 2014.

K. Aminian, B. Najafi, C. Büla, P. F. Leyvraz, and P. Robert, "Spatio-temporal parameters of gait measured by an ambulatory system using miniature gyroscopes," *J. Biomech.*, vol. 35, no. 5, pp. 689–699, 2002.

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