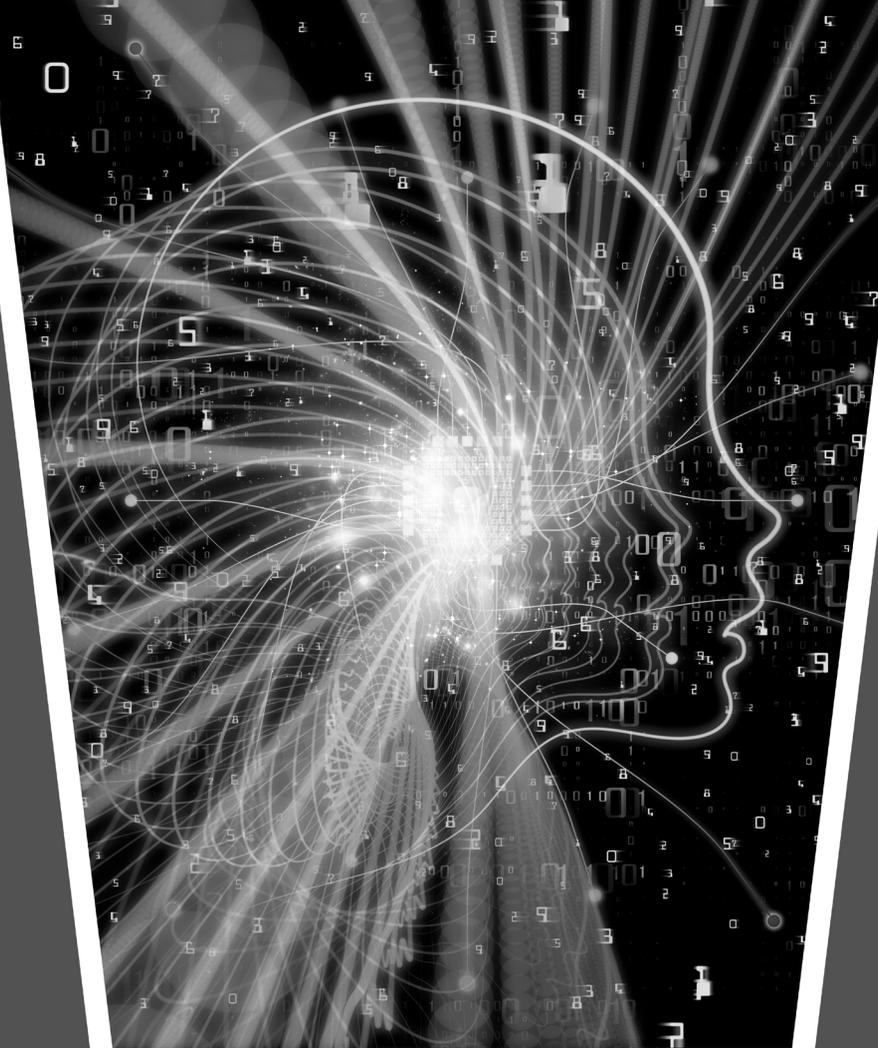


Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2

Filipe Alves Coelho
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe
Vicente Idalberto Becerra Sablón
(Organizadores)

Atena
Editora

Ano 2021



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2

Filipe Alves Coelho
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe
Vicente Idalberto Becerra Sablón
(Organizadores)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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 Dra. 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
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliansi Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Filipe Alves Coelho
 Monica Tais Siqueira D'amelio Felipe
 Vicente Idalberto Becerra Sablón

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia moderna: soluções para problemas da sociedade e da indústria 2 / Organizadores Filipe Alves Coelho, Monica Tais Siqueira D'amelio Felipe, Vicente Idalberto Becerra Sablón. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-5706-999-8
 DOI 10.22533/at.ed.998211304

1. Engenharia. I. I. Coelho, Filipe Alves (Organizador). II. Felipe, Monica Tais Siqueira D'amelio (Organizadora). III. Sablón, Vicente Idalberto Becerra (Organizador). IV. Título.
 CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A ciência tenta obter conhecimento sobre a estrutura fundamental do mundo utilizando observações sistemáticas e experimentais. A engenharia explora o campo do desconhecido procurando sistematicamente por novas soluções para problemas práticos. O GPS, a Internet, antibióticos, dentre outros, surgiram em meio às dificuldades das guerras. O Brasil, apesar de não estar envolvido em nenhuma, vive outras batalhas diárias.

No primeiro volume deste livro trouxemos um pouco da produção científica de um grupo de pesquisadores da região de Campinas e neste novo volume, não diferente, apresentamos mais engenharia e ciência aos serviços da sociedade e da indústria. Entretanto, desta vez a produção ocorreu durante um dos eventos de mudança mais rápida observada na sociedade recente: a quarentena imposta pela pandemia de COVID-19.

O ano de 2020 será lembrado por todos como o ano mais atípico das nossas vidas. O distanciamento social afastou pesquisadores do contato diário com colegas e de seus materiais de trabalho. Pesquisar de casa parecia impossível. Vimos ao longo de 2020 que nossos alunos conseguiam fazer pesquisa nas empresas que trabalhavam. Que, com os devidos cuidados, poderíamos usar os laboratórios. Que a internet aproximou os distantes grupos de pesquisa. Que ciência se faz com pessoas dedicadas e apaixonadas pelo trabalho.

Pesquisamos. E este livro é a amálgama do árduo trabalho de produzir ciência e tecnologia em 2020. É a flor do mandacaru: aos olhos de quem vê, surgiu no ambiente aparentemente improvável e inóspito. O ano que passou fortaleceu nosso grupo de pesquisa e parcerias foram criadas e/ou fortalecidas. Reforçamos, porém, que este livro está mais para um *tweet* diante do livro que foi 2020. Um ano longo, com muito aprendizado, muitas quebras de paradigmas e que de certa maneira, parece ainda insistir em estar entre nós. Este livro foi um recorte das nossas vidas acadêmicas, uma lembrança que será registrada nos anais da academia, mas com significado muito particular para cada um dos autores que aqui depositaram as lembranças do que melhor fizeram neste período.

O ano que se adentra rapidamente traz a esperança de renovação, de mudanças não mais tão bruscas e de um ano que se inicia em regime laminar. E nesta correnteza que é a vida, celebramos neste volume trabalhos que envolvem inteligência artificial aplicada (inclusive para a COVID-19), aplicação ou desenvolvimento de materiais, melhorias de processos industriais e da gestão de linhas de produção, geração de energia, dentre outros temas.

Finalmente, agradecemos a Editora Atena por abraçar esta iniciativa, abrindo as portas para a divulgação do conhecimento para a comunidade científica e a sociedade.

Filipe Alves Coelho

Monica Tais Siqueira D'Amelio

Vicente Idalberto Becerra Sablón

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

THE INFLUENCE OF MEDICAL IMAGE ANALYSIS FOR COVID-19 AS A TECHNOLOGICAL MECHANISM TO SUPPORT THE GLOBAL PANDEMIC

Ana Carolina Borges Monteiro
Reinaldo Padilha França
Rangel Arthur
Giulliano Paes Carnielli
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Yuzo Iano

DOI 10.22533/at.ed.9982113041

CAPÍTULO 2..... 11

THE IMPACT OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE FOR COVID-19 AS A TECHNOLOGICAL RESOURCE TO SUPPORT THE GLOBAL PANDEMIC

Reinaldo Padilha França
Ana Carolina Borges Monteiro
Rangel Arthur
Andrea Coimbra Segatti
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Yuzo Iano

DOI 10.22533/at.ed.9982113042

CAPÍTULO 3..... 21

***MACHINE LEARNING* PARA DELINEAMENTO EXPERIMENTAL EM ESTUDOS DA DOR - *IOT*, REDE NEURAL, *K-MEANS* E ÁRVORE DE DECISÃO**

Fábio Andrijauskas
Glaucilene Ferreira Catroli
Eduardo Keizo Horibe Junior
Matheus Gaboardi Tralli
Rafael Soares Torres
João Marcos Santos

DOI 10.22533/at.ed.9982113043

CAPÍTULO 4..... 33

RASTREX – SISTEMA DE RASTREAMENTO VEICULAR

Sergio Henrique Matukava
Vinicius Stanisoski Perassolli
Vicente Idalberto Becerra Sablón
Annete Silva Faesarella

DOI 10.22533/at.ed.9982113044

CAPÍTULO 5	47
AMBIENTE DE APRENDIZADO PARA ESTUDO DE MÁQUINAS VIRTUAIS EM SISTEMA EMBARCADO	
Renan Romão Oliveira Regimar Francisco dos Santos Glaucilene Ferreira Catroli Fábio Andrijauskas	
DOI 10.22533/at.ed.9982113045	
CAPÍTULO 6	58
GERADOR DE ENERGIA PIEZOELÉTRICO: AQUISIÇÃO, MONITORAMENTO E CONDICIONAMENTO DO SINAL GERADO	
Darilson Francisco das Dores Antunes Vicente Idalberto Becerra Sablón	
DOI 10.22533/at.ed.9982113046	
CAPÍTULO 7	70
SUORTE PARA MÓDULO FOTOVOLTAICO COM INCLINAÇÃO VARIÁVEL	
Felipe de Marco Costa Rafael Aparecido Bragante Annete Silva Faesarella Filipe Alves Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.9982113047	
CAPÍTULO 8	83
VIABILIZAÇÃO DO USO DE MANUFATURA ADITIVA NOS PROCESSOS DE AGITAÇÃO E MISTURA	
Tadeu Henrique Aparecido da Silva Mateus Bueno Veris Monica Tais Siqueira D'Amelio	
DOI 10.22533/at.ed.9982113048	
CAPÍTULO 9	95
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO CONTÍNUA EM MICRO BIORREATOR	
João Paulo Fioritti Godoy Guilherme Brandão Silva Filipe Alves Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.9982113049	
CAPÍTULO 10	107
CELULOSE NANOFIBRILADA: ESTUDO DA OBTENÇÃO E APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA PAPELEIRA	
Marcela Renata Zenni	

Caroline Pereira dos Santos
Roberta Martins da Costa Bianchi

DOI 10.22533/at.ed.99821130410

CAPÍTULO 11..... 120

DESENVOLVIMENTO DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DO AMIDO DE CHUCHU E AVALIAÇÃO DA INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO DE CAFÉ E ÓLEO DE BURITI

Fernanda Andrade Tigre da Costa
Jairo Paschoal Júnior
Rosana Zanetti Baú

DOI 10.22533/at.ed.99821130411

CAPÍTULO 12..... 135

ROLHA DE RESÍDUO: A INOVAÇÃO A PARTIR DO DESCARTE DE *PALLETS*

Laura Bisetto Zanella
Liliani Alves da Silva
Tainah Cristina Cunha Muner
Monica Tais Siqueira D'Amelio

DOI 10.22533/at.ed.99821130412

CAPÍTULO 13..... 148

PRODUÇÃO DE COSMECÊUTICOS COM ÓLEO DE CAFÉ PARA PREVENÇÃO DO FOTOENVELHECIMENTO

Vanessa Cristina de Barros Mariano
Natália Cristina de Brito Lopes
Iara Lúcia Tescarollo

DOI 10.22533/at.ed.99821130413

CAPÍTULO 14..... 161

SMLP - SISTEMA DE MONITORAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO

Igor Vieira Lima
Kaique Franco Jarussi
Annete Silva Faesarella
Vicente Idalberto Becerra Sablón

DOI 10.22533/at.ed.99821130414

CAPÍTULO 15..... 174

SISTEMA DE MICRODRENAGEM

Beatriz de Souza Elias
Luiz Henrique Mascaro de Mendonça
Cristina das Graças Fassina
Renata Lima Moretto

DOI 10.22533/at.ed.99821130415

CAPÍTULO 16	187
CASCA DE BANANA COMO BIOADSORVEDOR DE PIGMENTOS DE MEIO AQUOSO	
Gláucia Rodrigues	
Brenda Gabriela	
Monica Tais Siqueira D'Amelio Felipe	
DOI 10.22533/at.ed.99821130416	
CAPÍTULO 17	199
MINIMIZAÇÃO DE SOBRECARGA ESTRUTURAL NA BLINDAGEM DA RADIOATIVIDADE	
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati	
Heitor Berger Campos	
Angela Aparecida Brandão	
Natália Ribeiro da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.99821130417	
SOBRE OS ORGANIZADORES	220
ÍNDICE REMISSIVO	221

MACHINE LEARNING PARA DELINEAMENTO EXPERIMENTAL EM ESTUDOS DA DOR - IOT, REDE NEURAL, K-MEANS E ÁRVORE DE DECISÃO

Data de aceite: 16/03/2021

Data de submissão: 15/01/2021

Fábio Andrijauskas

Universidade São Francisco
Engenharia de Computação
Itatiba - SP

<http://lattes.cnpq.br/7771878233635494>

Glaucilene Ferreira Catroli

UNICAMP – Instituto de Biologia
Campinas - SP

<http://lattes.cnpq.br/4914553972592247>

Eduardo Keizo Horibe Junior

Universidade São Francisco
Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Itatiba - SP

<http://lattes.cnpq.br/3997258794348183>

Matheus Gaboardi Tralli

Universidade São Francisco
Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Itatiba - SP

<http://lattes.cnpq.br/5142371668535433>

Rafael Soares Torres

Universidade São Francisco
Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Itatiba - SP

<http://lattes.cnpq.br/1093608343901069>

João Marcos Santos

Universidade São Francisco
Engenharia de Computação
Itatiba - SP

<http://lattes.cnpq.br/3544784710823585>

RESUMO: O *machine learning* representa um conjunto de ferramentas utilizadas para encontrar relacionamentos não triviais, prever comportamentos ou classificar um conjunto de elementos. Esse tipo de técnica tem sido utilizado para os mais diversos fins, dentre os quais, destacam-se os estudos relacionados à dor. Para alguns tipos de estudos na área, são necessários muitos testes preliminares antes do delineamento final dos experimentos direcionados à investigação de determinado alvo, além da grande quantidade de testes necessários para o mapeamento de agentes, por exemplo, que podem ativar ou bloquear determinada via. O objetivo desta pesquisa consiste em construir um *framework* que receba conjunto de dados, tais como aqueles produzidos em análises de dose-resposta de uma substância, testes comportamentais que avaliam o limiar de retirada de pata após ativação ou bloqueio de alvos relacionados à via nociceptiva, além de outros dados e técnicas computacionais de *Machine learning* que consigam prever resultados. O sucesso de tal ferramenta implicaria em melhora na eficiência experimental considerando o menor número de testes necessários e a redução de custos com drogas e utilização de animais.

PALAVRAS-CHAVE: *Machine learning*, dor, *IoT*, redução de custo.

MACHINE LEARNING FOR EXPERIMENTAL DESIGN IN PAIN STUDIES - IOT, NEURAL NETWORK, K-MEANS, AND DECISION TREE

ABSTRACT: Machine learning represents a set of tools used to find non-trivial relationships, predict behaviors, or classify a set of elements. This type of technique has been used for the most diverse purposes, among which, studies related to pain

are highlighted. For some types of studies in the area, many preliminary tests are needed before the final design of the experiments aimed at investigating a specific target, in addition to a large number of tests necessary for mapping agents, for example, that can activate or block a certain path. The objective of this research is to build a framework that receives a set of data, such as those produced in dose-response analysis of a specific substance, behavioral tests that assess the threshold of paw withdrawal after activation or blocking targets related to the nociceptive pathway, in addition to other machine learning data and computational techniques that can predict results. The success of such a tool would imply an improvement in experimental efficiency considering the smaller number of necessary tests and the reduction of costs with drugs and animal use.

KEYWORDS: Machine learning, pain, IoT, cost reduction.

1 | INTRODUÇÃO

O *Machine learning* (ML) representa um conjunto de técnicas computacionais e estatísticas que consegue aprender e analisar relações não triviais sobre um conjunto de dados previamente apresentados. Mostrando visões dos dados que são capazes de gerar informações próximas de um conjunto ou ainda indicar se um resultado pertence a um grupo específico de dados. Todas essas técnicas se tornaram muito populares nos últimos anos e a utilização de bibliotecas de software como o *scikit-learn* foi essencial para o avanço nos estudos de ML (GARRETA e MONCECCHI, 2013). Além da utilização do *scikit-learn*, diversas outras bibliotecas foram ficando cada vez mais populares, tornando a ML uma ferramenta mais abrangente.

As pesquisas relacionadas à dor geram grande quantidade de dados que se enquadram dentro do escopo de análises abrangidas pelo ML (LÖTSCH, 2017), tais como respostas comportamentais frente a um estímulo proalgésico ou analgésico. A Figura 1 apresenta um quadro comparativo das técnicas de ML já utilizadas em pesquisas de dor. Nele, é possível observar diversos tipos de variáveis, e com diversas técnicas de ML disponíveis para a aplicação em estudos da dor.

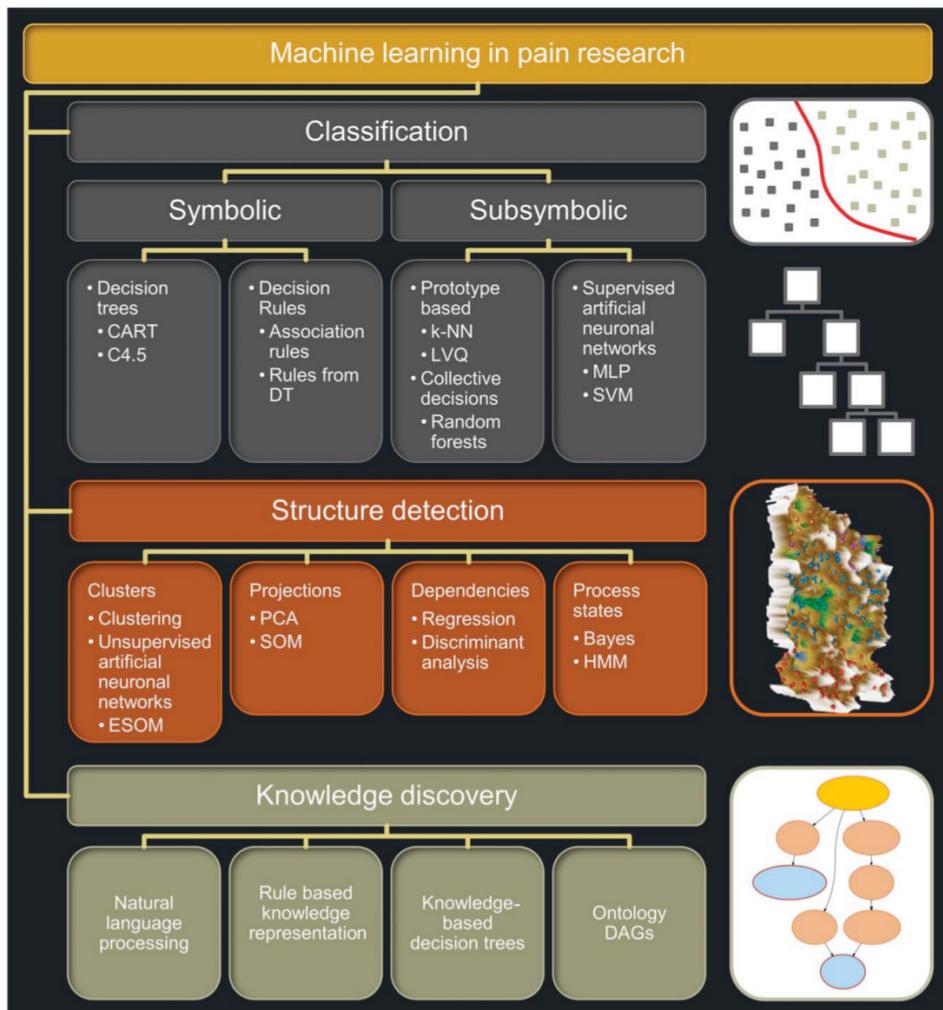


Figura 1: Técnicas de ML em estudos da dor (Lötsch, 2017).

A junção das pesquisas em dor com as técnicas de ML ainda é um elemento novo, onde ferramentas modernas e eficientes que ampliem a visão dos pesquisadores como Yang (2012), são de grande valia no processo de desenvolvimento de potenciais medicamentos. Pesquisas relacionadas à dor são, em geral, englobadas pela neurociência e visam a busca por novos alvos terapêuticos que representem o desenvolvimento de tratamentos mais efetivos e com menor incidência de efeitos adversos aos pacientes que sofrem com diferentes níveis de dor.

Para tanto, uma das principais ferramentas utilizadas é a análise comportamental em modelos animais a qual, por meio de equipamentos específicos, permite investigar *in vivo* o efeito da ativação ou bloqueio das diferentes vias envolvidas no mecanismo de transmissão e modulação da informação nociceptiva no sistema nervoso central e periférico.

Um dos testes comportamentais mais comuns permite avaliar a alodinia (resposta exacerbada a um estímulo que não causa dor) mecânica, química ou mesmo térmica. Utilizando um equipamento chamado von Frey, um profissional treinado consegue medir o limiar de retirada da pata antes e depois de um estímulo doloroso ou de seu tratamento. Nossa avaliação da alodinia mecânica *in vivo* foi feita tendo por base o método de pressão crescente previamente descrito por Möller e Berge (1998). Neste, utiliza-se um anestesímetro eletrônico (Insight, Ribeirão Preto, Brasil) - um transdutor de pressão ligado por um cabo a um detector digital de força (em gramas). Uma ponteira *Universal Tips* 10mL (T-300, Axygen) é acoplada à ponta do transdutor e utilizada para estimular a pata do animal. A ponteira é posicionada em ângulo reto na região central da pata traseira do animal e uma pressão gradualmente crescente é aplicada pelo experimentador. O estímulo é interrompido após a observação da resposta do animal ao estímulo, ou seja, flexão característica com retirada da pata. São realizadas três medidas distintas para cada animal e calculada a média aritmética das três. A intensidade de alodinia é quantificada como a variação na pressão (Δ de retirada da pata em gramas), ou seja, subtraindo-se o valor do limiar antes do tratamento experimental (0 hora) do valor de limiar após o tratamento experimental.

Essas e outras análises exigem meses de testes e experimentação e envolvem a utilização de drogas e animais de alto custo. Neste contexto, ML é uma ferramenta muito útil para orientar experimentos comportamentais, concentrando esforços para prever resultados experimentais e evitar testes dispendiosos (ZAMZMI *et al*, 2018). Com um conjunto inicial de dados obtidos nestes estudos, é possível aplicar técnicas de ML para prever resultados e classificar dados de experimentos visando minimizar os gastos com tempo e itens de consumo.

Conforme mencionado, técnicas de ML são capazes de prever, classificar e analisar conjuntos de dados, é possível, também, avaliar como será o próximo dado de um conjunto ou ainda dizer se um dado pertence ou não a certo grupo. No caso específico das pesquisas em dor, a quantidade de dados gerados pode ser enorme e, claro, demandam bastante tempo. Assim, técnicas de ML entram como ferramentas capazes de ajudar a prever uma resposta, por exemplo, frente a diferentes doses de determinadas substâncias ou mesmo a melhor dose a ser utilizada, respostas comportamentais e outros dados. Com isso, torna-se possível a redução do tempo investido em testes e do alto custo que isso gera, tornando o processo de pesquisa e desenvolvimento de possíveis novas drogas mais rápido e barato.

2 | REDE NEURAL

Os dados de dose-resposta disponibilizados pelo pesquisador apresentaram comportamento não linear, ou seja, uma regressão logística não conseguirá prever os resultados futuros com precisão, diferente do método de rede neural artificial, capaz de lidar com dados não lineares. Sua estrutura consiste, basicamente, em uma camada de entrada para receber os dados, camadas escondidas que são responsáveis por processar os dados recebidos e uma camada de saída para a saída do resultado. A Figura 2 mostra uma rede neural com múltiplas camadas.

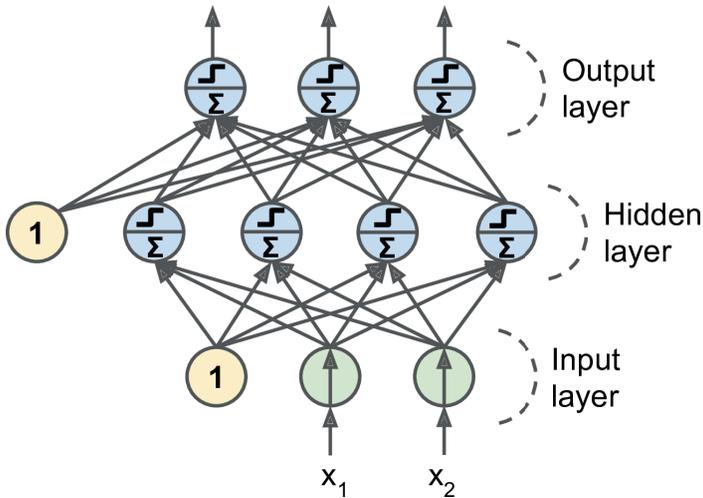


Figura 2 - Rede neural artificial multicamada

Fonte: (Géron,2018)

O algoritmo utilizado nas camadas escondidas foi o *Perceptron*, criado por Frank Rosenblatt em 1957. Ele consiste, basicamente, em um classificador que mapeia uma entrada como um vetor e uma saída como um valor binário. A Figura 3 mostra um esquema visual para o *Perceptron* com uma entrada vetorial de três elementos e a saída y .

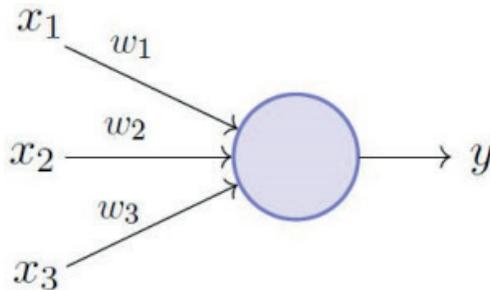


Figura 3 - Modelo visual do algoritmo *Perceptron*

Fonte: (MINSKY,1969)

Para prever as respostas para doses ainda não testadas, foi aplicado um regressor no algoritmo *Perceptron* em múltiplas camadas (MLP ou *Multi Layer Perceptron*) em uma rede de 10 camadas escondidas. Após o treinamento com parte dos dados inseridos, obteve-se uma taxa de acerto de aproximadamente de 72%. Os dados obtidos estão representados na Figura 4.

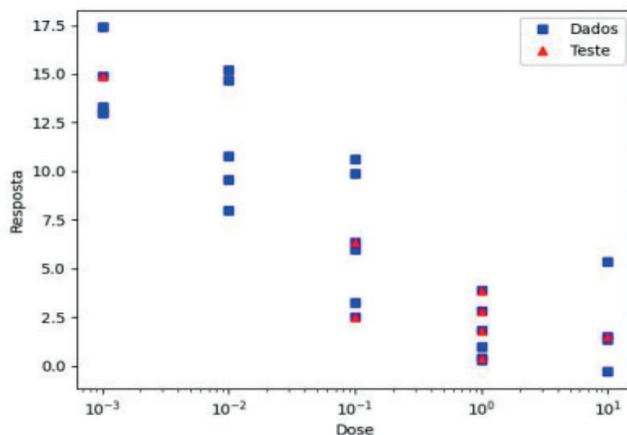


Figura 4 - Os quadrados em azul são os dados de resposta fornecidos pelo experimento real e os triângulos em vermelho são os dados de resposta que a rede previu. O eixo X está sendo representado com os valores espaçados de forma exponencial, para facilitar a leitura e o entendimento.

Fonte: de autoria própria.

A uma taxa de acerto foi boa, porém, pode ser melhorada no futuro com mais treinamentos e a utilização de GPUs (*Graphics Processing Unit*) para melhorar a performance e a utilização de resultados de análises antigas para que a rede possa aprender com os erros passados.

3 | ÁRVORE DE DECISÃO

Para os algoritmos de *Machine Learning* é possível escolher diferentes formas de aplicá-los. Nesta etapa utilizou-se a de Árvore de Decisão, por ter um tempo de processamento mais rápido que outras técnicas, aceitar dados numéricos e por ser simples de se compreender (CHUGH, 2019). Essa técnica possui duas vertentes (regressão e classificação), para o estudo utilizou-se regressão, pois amplifica a integração com a disposição dos dados e, pode prever resultados, dados uma dose específica, quando possuímos apenas uma informação de origem.

Árvore de Decisão baseia-se no conceito de armazenar informações em lugares chamados de nó. Neste caso, cada nó contém uma posição do vetor X e a posição do vetor Y correspondente, e cada nó pode possuir 2 nós que são ligados a ele em um nível hierárquico. Para que o algoritmo encontre um padrão entre estes dados, vários testes e treinos são feitos com informações previamente coletadas. Depois de terem sido realizados, a máquina já está pronta para poder prever um novo resultado, dada uma dose específica. Como a técnica utilizada trata-se de Árvore de Decisão, foi adicionado ao código fonte uma função que gera uma imagem com todo processo percorrido pelo algoritmo, até a obtenção dos resultados. A Figura 5 mostra como o algoritmo foi capaz de prever o resultado.

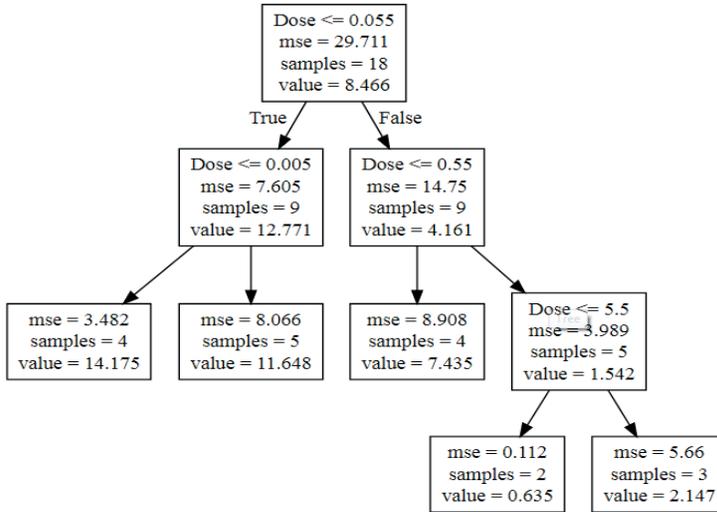


Figura 5. Estrutura de Árvore de Decisão formada pelos dados e resultados obtidos.

Fonte: Figura de autoria própria.

Ao inserir a informação de origem, o algoritmo iniciou o processo de verificação dos dados que utiliza o treino previamente feito para que, em um processo de eliminação, ela possa encontrar o resultado desejado. Com o intuito de demonstrar os resultados obtidos ao usuário, foi definido que os dados deveriam ser representados através de um gráfico. A Figura 6 trata-se da demonstração de todos os resultados obtidos através do processamento de dados utilizando *Machine Learning*. Durante os testes, o algoritmo demonstrou uma taxa de acerto de 71% em relação aos dados que haviam sido fornecidos para estudo.

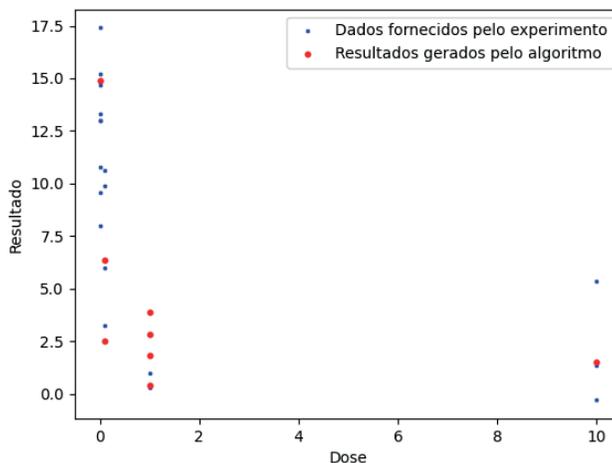


Figura 6. Representação dos resultados gerados pelo processo *Machine learning*.

Fonte: Figura de autoria própria.

No entanto, para que o algoritmo seja mais preciso, é necessário que haja mais dados reais, previamente fornecidos, que possam ser estudados pela máquina. Além do maior número de informações, é possível utilizar outros modelos pré-treinados com o mesmo tipo de dados. Em alguns casos, o *hardware* da máquina utilizada para a predição pode atrasar o tempo de execução, para isso pode-se utilizar o *Google colab*, que é uma plataforma que permite a execução de algoritmos de *Machine Learning*.

4 | K-MEANS CLUSTERING

Para esta parte da pesquisa, foi escolhida uma metodologia de *Machine Learning* classificada como não supervisionada, onde há o foco de delimitar como se dá a distribuição e categorização das amostras. Essa metodologia é indicada para agrupamento de dados comuns, sendo assim recomendada para validação de resultados. Com isso, pode-se aplicar esse algoritmo para realizar a confirmação dos dados obtidos durante a leitura do von Frey. Aplicar essa técnica em conjunto às técnicas voltadas à área de predição dos dados, auxilia no processo de comprovação de tais dados.

Uma das metodologias que compõe o campo de algoritmos não supervisionados é *Clustering*, que é a especificação não supervisionada de padrões em grupos (JAIN, MURTY e FLYNN, 1999). No *clustering* aglomerativo, cria-se grupos de dados (*clusters*) que serão reunidos de forma recursiva, julgando seu nível de similaridade (MÜLLNER, 2011). Dessa forma, essa abordagem facilita a interpretação dos dados a serem analisados. No presente contexto, *Clustering* é utilizada para verificar se uma leitura é realmente válida ao dizer qual é sua dose mais provável, sendo os agrupamentos de dados definidos pelas suas doses. Esse processo é feito com base nos resultados fornecidos anteriormente pelas predições advindas de outros métodos, como mencionado previamente.

O algoritmo escolhido para estudo é o *K-means*, que faz parte da metodologia de *Clustering*. Esse algoritmo funciona ao escolher um número de pontos centrais (*centroids*) iniciais a partir dos dados fornecidos e criar *clusters* com base em sua distância dos pontos iniciais. Assim, de forma iterativa, adiciona-se novos dados e os pontos centrais são recalculados levando em conta a média dos valores contidos em cada *cluster*. As repetições cessam quando os *centroids* não se alterarem mais.

A fraqueza desse algoritmo é a má escolha dos *centroids* iniciais, que pode ser mitigada utilizando conhecimento prévio da aplicação em questão. A ocorrência de tal fato pode resultar em *clusters* errôneos, já que todas as iterações funcionam de maneira incremental baseadas nos primeiros *centroids*. Nesse projeto, a escolha dos pontos centrais iniciais é feita considerando um número pré-definido de doses utilizadas na obtenção das medições, diminuindo o risco da má escolha desses pontos.

Para a implementação de tal algoritmo, foi escolhida a biblioteca *scikit-learn*, de código aberto. Na parte do agrupamento dos dados, os *clusters* estão sendo definidos sem a escolha específica dos *centroids* iniciais, de forma a facilitar a inserção de dados exemplares no código. Logo, para maior acurácia, deve-se acertar os pontos centrais iniciais com base nas doses já fornecidas para o algoritmo realizar o agrupamento correto.

Para a inserção de dados iniciais, foi fornecido um conjunto de dados dose-resposta

de um medicamento para estudo da dor. Com o vetor de leituras populado, deve-se então definir a quantia de *clusters* para então inseri-los no algoritmo. Na Figura 7, pode-se visualizar as linhas de código onde é definido o número de *clusters* e assim exibidos, mas ainda não definindo os *centroids* iniciais. Na linha 1 do código, são definidos os números de *clusters*. Nesse caso, foram definidos 5, pois foram inseridas medições de 5 experimentos. A linha 2 executa o comando *fit*, que computa os *clusters* com os dados presentes na variável "X", demonstrada na figura anterior. Na linha 3, são inseridos os *clusters* no gráfico e, na linha 4, inseridos os números nos eixos do gráfico.

```
1. kmeans = KMeans(n_clusters=5)
2. kmeans.fit(x)
3. print(kmeans.cluster_centers_)
4. print(kmeans.labels_)
```

Figura 7. Código em linguagem *Python* para definir o número de *clusters* e exibi-los na tela.

Fonte: Figura de autoria própria.

Com isso, obtém-se um gráfico com as leituras. A Figura 8 mostra o gráfico gerado a partir dos resultados inseridos no algoritmo, onde são relacionados os valores de experimentos específicos com suas respectivas respostas. O eixo X do gráfico apresenta o número do experimento, já o eixo Y apresenta os valores obtidos. Os *clusters* são identificados por cores, tornando possível relacionar um valor de resposta a um possível experimento (que contém doses específicas).

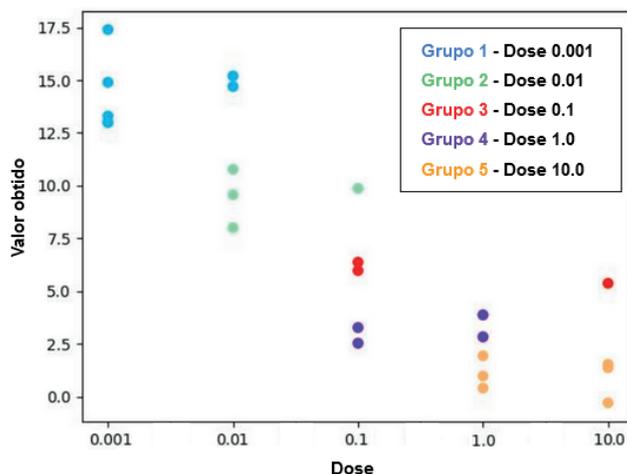


Figura 8. Gráfico gerado a partir do algoritmo *K-means*.

Fonte: Figura de autoria própria.

Assim, se for necessário validar uma leitura hipotética de valor 15, deve-se adicioná-la aos valores do vetor “X”. Após executar o algoritmo, nesse caso, a leitura será da cor azul, que corresponde ao experimento 1 e 2 (únicos experimentos com valores do *cluster* azul). Logo, pode-se validar se uma nova leitura é realmente verídica ao colocá-la junto com valores previamente obtidos e inseridos no algoritmo, obtendo-se quais são os prováveis experimentos aos quais essa dose pertence.

Dessa forma, é possível inserir os dados obtidos de uma medição no algoritmo de forma a categorizá-los. Com isso, obtém-se a validação de dados coletados ou previstos por outro algoritmo. Uma possível melhoria dessa pesquisa seria ajustar os *centroids* iniciais de forma a obter precisão na tarefa de categorização. Sendo assim, o projeto dá-se como concluído, uma vez que cumpre a função de validação de uma leitura por meio de *clustering*, levando em conta dados prévios à leitura analisada.

5 | MÓDULO DE *IoT* PARA EQUIPAMENTO DE VON FREY

Tecnologias como aquelas que se enquadram na categoria de *Internet of Things* (Internet das Coisas ou *IoT*) são pesquisadas e aplicadas de forma extensiva, principalmente no âmbito da Indústria 4.0, por auxiliar a obtenção de dados através de sensores e outros dispositivos de forma facilitada. Com dados disponíveis e estruturados, é possível realizar análises profundas gerando *insights* valiosos a partir da abundância de dados, que uma vez coletados, permite a aplicação de diversas técnicas como aquelas tangentes ao aprendizado de máquina, onde regressões e categorizações, por exemplo, podem auxiliar na tomada de decisões e previsões de resultados proporcionando agilidade e, em determinados ambientes, reduções de custos. Porém, para que tais processos sejam executados, a coleção destes dados deve ocorrer de forma a garantir a integridade e confiabilidade visando a minimização de erros provenientes de informações errôneas, por vezes vindos de processos manuais.

Discute-se também a tecnologia de *IoT* e como ela favorece o processo de obtenção de dados em estudos sobre a dor. A tecnologia foi implementada em um protótipo para que pudesse ser aplicada nos atuais equipamentos de von Frey eletrônico visando agilizar e reduzir custos de experimentos realizados no curso da pesquisa por novas drogas que afetam a percepção de dor. Para a execução deste protótipo, foram realizados estudos e desenvolvimentos desde *hardware* adicional ao equipamento utilizado e externo, até o desenvolvimento de *software* para que existissem as integrações planejadas.

Foram realizadas etapas para a sustentação da aplicação como a idealização do ambiente operacional que conta com a utilização de um microcontrolador com suporte a redes *wireless*, assim como um servidor com banco de dados habilitado hospedado em serviço de *Cloud Computing*. Com isso, foram pesquisados bibliotecas e outros *softwares* que poderiam apoiar o desenvolvimento, assim como o *hardware* adicional para o equipamento de von Frey eletrônico que fosse necessário para a execução do módulo. Além do microcontrolador, configurou-se o servidor e seu banco de dados para que as informações fossem devidamente armazenadas e disponíveis de forma performática. Os *softwares* auxiliares utilizados foram, em sua totalidade, de código aberto, com destaque no servidor ao *CentOS* e *MariaDB* como sistema operacional e banco de dados,

respectivamente. Em relação aos *softwares* utilizados no microcontrolador, as bibliotecas *MySQL Connection*, para conexão ao banco de dados, e a *WiFiManager*, para redes *wi-fi*, foram de notória importância para viabilizar as comunicações de dados e facilidade de configuração para o usuário final. Programado em C++, o microcontrolador *Wemos D1 Mini PRO*, formado com um ESP8266, contou com periféricos tais como um *display LCD* para exibição de *output* de dados, além de botões direcionais multitarefa para entrada de comandos, possibilitando melhor a interação humana com a unidade de processamento.

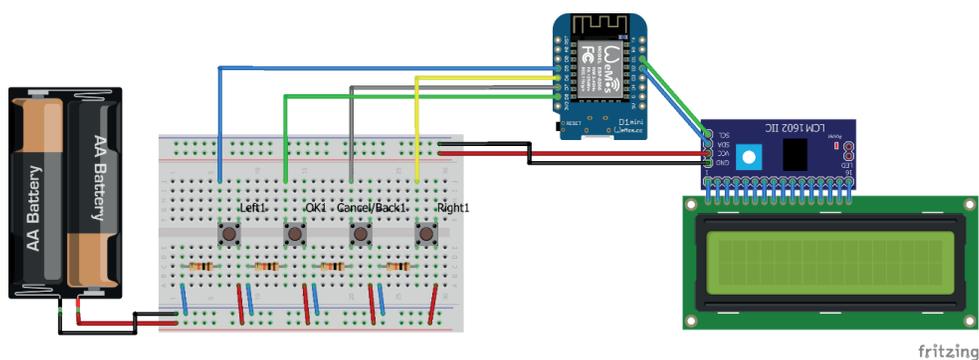


Figura 9. Circuito do protótipo em *protoboard*.

Fonte: Figura de autoria própria.

À vista disso, resultou-se uma base para o desenvolvimento do *software* que integrou tanto o módulo de gravação de dados, como o banco de dados permitindo, assim, a aquisição das informações de forma rápida, simples e eficaz para o experimentador, algo que representa maior agilidade na execução do experimento. Outro fator interessante é que, além do que foi mostrado, os dados coletados poderão integrar-se com quaisquer ferramentas de análise, incluindo, mas não se limitando, a demais projetos que utilizam recursos de *Machine Learning* para realizar previsões e validações de dados.

REFERÊNCIAS

CHUGH, Hashish. **Decision Tree Regression in Machine learning**, 2019.

G. Zamzmi, R. Kasturi, D. Goldgof, R. Zhi, T. Ashmeade, & Y. Sun. **A Review of Automated Pain Assessment in Infants: Features, Classification Tasks, and Databases**. IEEE Reviews in Biomedical Engineering, 11, 77-96. 2018.

Garreta, R., & Moncecchi, G. **Learning scikit-learn: Machine Learning in Python**. Packt Publishing, 2013

GÉRON, Aurélien. **Neural networks and deep learning**. O'Reilly Media, Inc., 2018.

Jain, A. K., M. N. Murty e P. J. Flynn. **Data Clustering: A Review**. ACM Comput. Surv. 31.3, pp. 264-323. 1999

Kristina Ångeby Möller, Bo Johansson, & Odd-Geir Berge. **Assessing mechanical allodynia in the rat paw with a new electronic algometer**. *Journal of Neuroscience Methods*, 84(1), 41 - 47. 1998

Lötsch, A. **Machine learning in pain research**. *Pain*, 159(4), 623-630. 2017.

MINSKY, Marvin; PAPERT, Seymour. *Perceptrons*, 1969.

Müllner, Daniel. **Modern hierarchical, agglomerative clustering algorithms**. arXiv e-prints, arXiv:1109.2378. 2011

Yang M1, H. **A machine learning approach to assessing gait patterns for Complex Regional Pain Syndrome**. *Med Eng Phys*. 2012

ÍNDICE REMISSIVO

A

Análises 21, 22, 24, 26, 30, 122, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 161, 191, 204, 207, 208, 217

Antioxidante 122, 156, 157

Aplicação 22, 28, 30, 47, 48, 50, 51, 54, 57, 59, 60, 62, 64, 81, 83, 86, 107, 109, 110, 114, 115, 119, 131, 133, 134, 135, 142, 148, 149, 156, 170, 171, 172, 187, 188, 190, 211, 217

Aquisição 31, 33, 47, 58, 59, 60, 61, 64

B

Bioplástico 122

C

Casca de banana 187, 188, 189, 191, 192, 193, 194, 197, 198

Celulose 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 155

Ciclo de vida 136, 146

Computador 48, 54

Corantes 187, 189, 193, 195, 196, 197, 198

Cosméticos 83, 148, 149, 151, 152, 158, 159, 187, 188

D

Dados 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 50, 51, 59, 60, 61, 62, 64, 68, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 122, 131, 145, 146, 151, 163, 167, 168, 170, 174, 181, 183, 190, 191, 193, 194, 214, 218

defletores 85

Desenvolvimento 21, 23, 24, 30, 31, 33, 37, 38, 39, 42, 47, 48, 49, 50, 54, 57, 58, 60, 64, 76, 81, 83, 95, 98, 108, 119, 120, 122, 132, 145, 148, 149, 150, 151, 152, 155, 157, 158, 159, 160, 162, 174, 175, 185, 188, 199, 200, 203, 206, 207, 218, 220

Dimensionamento 80, 81, 177, 178

E

Eficiência 21, 49, 59, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 78, 80, 81, 97, 100, 109, 114, 161, 162, 164, 173, 188, 213, 219, 220

Efluentes industriais 187, 198

Energia 48, 58, 59, 60, 63, 64, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 80, 81, 82, 84, 95, 121, 135, 136, 137, 177, 189, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 217, 219

Energia Solar 70, 71, 72, 73, 82

G

Géis 151, 155, 157

GPS 4, 33, 34, 36, 37, 38, 44, 46

I

Impelidores 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 94

Indústria 4.0 30, 162, 163, 165, 173

Informação 23, 26, 27, 36, 37, 57, 68, 162, 169, 181, 218

Inteligência artificial 220

IoT 21, 22, 30, 38, 49, 68, 162, 163

I-Pai Wu 177

K

K-means 28, 29

L

Linha de produção 161, 162, 164, 165, 166, 167, 170, 171

M

Microcontrolador 30, 31, 37, 38, 39, 40, 47, 49, 57, 168

Microdrenagem 7, 174, 175, 177, 179, 184, 185

Modelagem 34, 59, 68, 82, 95, 98, 100, 105, 220

Modelo matemático 95, 98, 101, 105

Monitoramento 19, 33, 34, 49, 58, 60, 64, 161, 162, 163, 167, 169, 170, 171, 173, 175

N

Nanotecnologia 108

O

Óleo de café 148, 151, 154, 155, 157, 160

P

Papel 107, 108, 109, 110, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 151, 189, 202

Piezoelétrico 58, 59, 60, 63, 64, 68

Programação 38, 40, 41, 47, 48, 49, 54, 55, 57, 100, 101, 173

R

Rastreamento 33, 34, 39, 45, 83, 88

Rastreamento de partículas 83

Reator 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 204

Rede neural 21, 24, 25

Rendimento 82, 97, 98, 99, 100, 120, 121, 123, 126, 131, 164, 192, 197

Rolhas de pallets 139

S

Saúde 203, 208, 217, 219

Simulação 34, 39, 64, 67, 75, 76, 77, 95, 100, 104, 105, 145, 171, 220

Solubilidade 120, 123, 126, 131, 132, 210

T

Testes comportamentais 21, 24

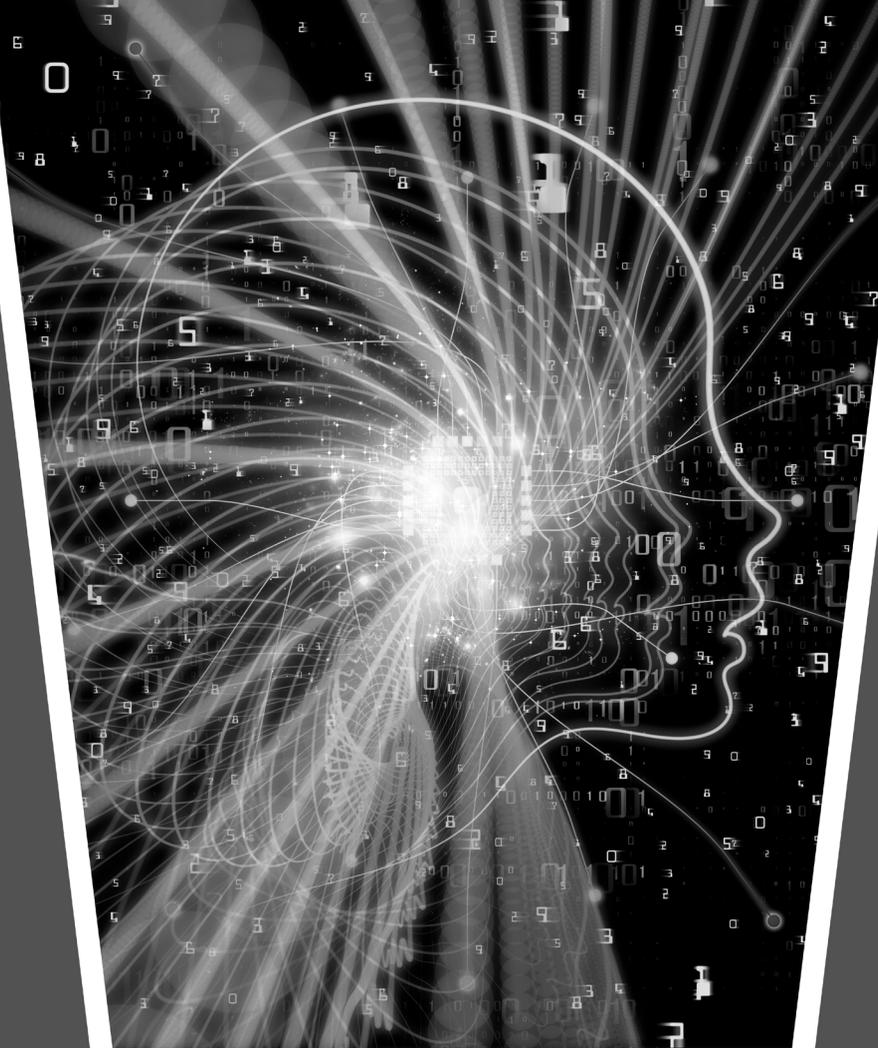
Transformação digital 163

V

Veículos 33, 34, 64

Virtual 12, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Vórtices 84, 85, 91



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



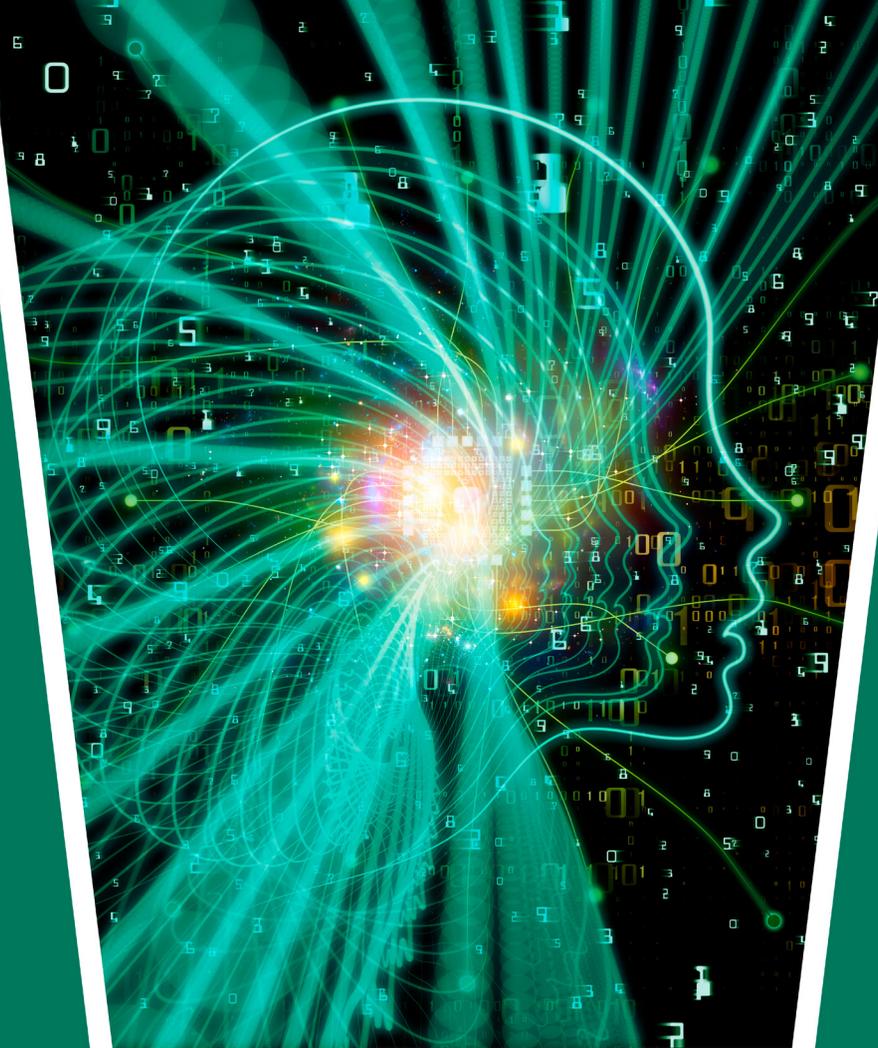
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021



Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Editora
Ano 2021