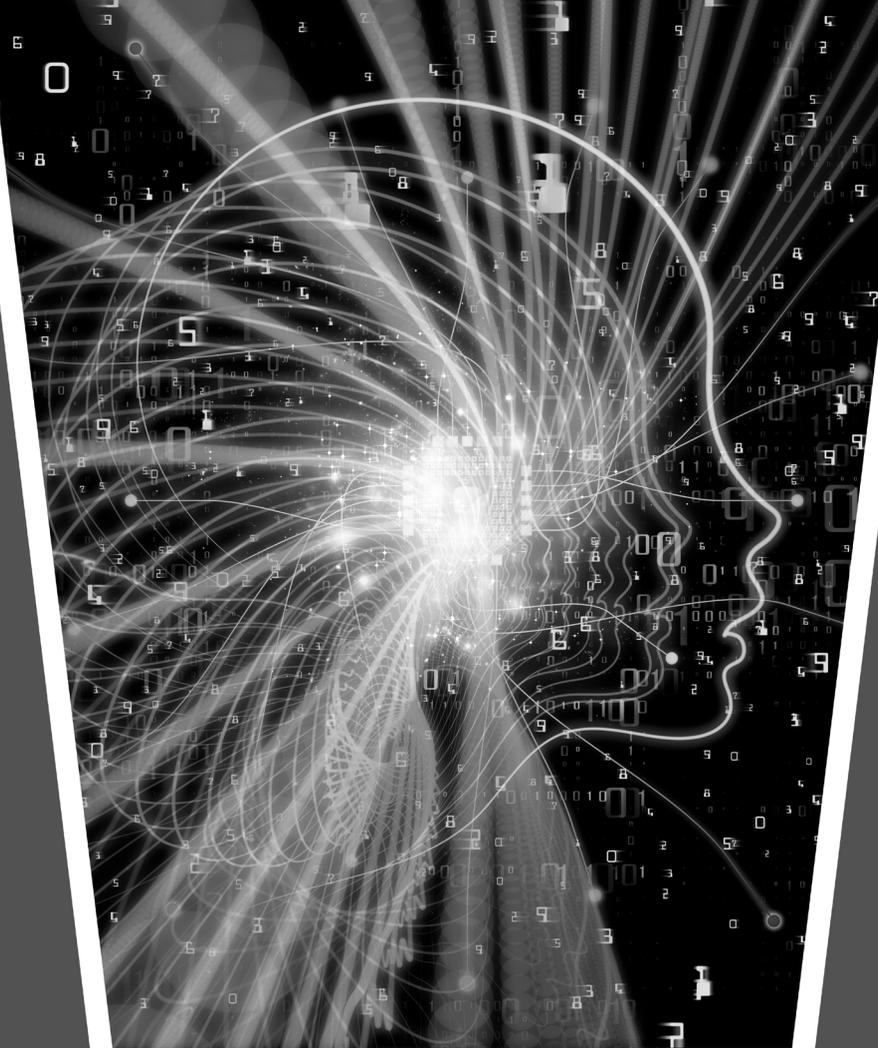


Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2

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


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. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro 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. Liliani 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

SUORTE PARA MÓDULO FOTOVOLTAICO COM INCLINAÇÃO VARIÁVEL

Data de aceite: 16/03/2021

Data de submissão: 15/01/2021

Felipe de Marco Costa

Universidade São Francisco
Valinhos – SP

<http://lattes.cnpq.br/6554499071220314>

Rafael Aparecido Bragante

Universidade São Francisco
Campinas – SP

<http://lattes.cnpq.br/1902067000550481>

Annete Silva Faesarella

Universidade São Francisco
Itatiba – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/8546620295718065>
<https://orcid.org/0000-0002-1034-6123>

Filipe Alves Coelho

Universidade São Francisco
Campinas – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/7316975557784147>
<https://orcid.org/0000-0001-7260-4362>

RESUMO: Com o crescente compromisso do mundo com a redução da emissão de CO₂, está cada vez mais comum a utilização das energias renováveis. Tendo em vista essa preocupação, uma das soluções disponíveis é o uso da energia solar fotovoltaica como fonte de geração de energia elétrica, algo que já vem sendo adotado pelo mundo todo. No Brasil, a geração de energia elétrica via painéis fotovoltaicos teve um aumento exponencial em 2018, porém, esse sistema ainda é caro. Pensando em um crescimento contínuo

da utilização dessa tecnologia, este artigo tem o intuito de propor um método de comparação entre dois sistemas para captação da energia solar, segundo a mobilidade dos painéis fotovoltaicos, promovendo uma forma de escolha do sistema a ser utilizado. O método proposto envolve a eficiência da geração de energia elétrica das placas fotovoltaicas, o custo de cada sistema, bem como o estudo da irradiação solar no plano inclinado, eficiência de geração a um custo reduzido, através do estudo de irradiação solar no plano inclinado, tornando a geração fotovoltaica mais atrativa para o consumidor final.

PALAVRAS-CHAVE: Painéis fotovoltaicos com mobilidade, método comparativo de geração de energia elétrica via painéis fotovoltaicos, atratividade da geração fotovoltaica de energia elétrica.

SUPPORT FOR PHOTOVOLTAIC MODULE WITH VARIABLE TILT ANGLE

ABSTRACT: With the growing commitment of the world to reduce CO₂ emissions, the use of renewable energies is increasing, one of the available solutions is the use of photovoltaic solar energy as a source of electricity generation, which has already been adopted worldwide. In Brazil, electricity generation via solar panels increased exponentially in 2018, but this system is still expensive. Due to the continuous growth of this technology, this article aims to improve the generation efficiency at a reduced cost, through the study of solar irradiation in the inclined plane, making the photovoltaic generation more attractive to the final consumer.

KEYWORDS: Photovoltaic panels with mobility, comparative method of generating electrical energy via photovoltaic panels, attractiveness of photovoltaic generation of electric energy.

1 | INTRODUÇÃO

As energias renováveis crescem cada dia mais no mundo, visto que as fontes não renováveis de energia tendem a se esgotar e também causar impactos ambientais irreparáveis, contribuindo para o aumento do aquecimento global (COZER, 2020).

Neste cenário surgiu o uso dos recursos energéticos renováveis, em especial o sol, através das placas fotovoltaicas. As células fotovoltaicas geram energia a partir da captação da luz solar. Essa fonte de energia é limpa, abundante e inesgotável. Existem sistemas de alta tecnologia para aumentar a eficiência de geração de energia, por exemplo o sistemas de dois eixos com seguidor solar, que pode aumentar a eficiência em até 40%, porém o investimento é muito alto, sendo uma opção muito restrita para a maioria dos futuros usuários.

A proposta deste trabalho é propor uma comparação entre dois sistemas para utilização da energia solar, nosso projeto promove um método eficiente no termo eficiência e ainda por cima se destaca no custo benefício, através de estudos foi comprovado uma ideia mais atrativa para o consumidor final. O recurso utilizado nesse trabalho para o aumento da eficiência do sistema fotovoltaico e diminuição do tempo de retorno do investimento, será realizado através de um sistema de inclinação variável das placas fotovoltaicas

Atualmente a fatura de energia das indústrias em geral é grande e já se tem projetos de geração de energia fotovoltaica *in loco*, o que supre muitas vezes a demanda de energia dessas indústrias. Possibilitar um aumento de aproximadamente 9,5% da eficiência da geração fotovoltaica através do sistema de inclinação das placas, certamente irá despertar o interesse tanto das indústrias como dos consumidores residenciais.

O Brasil tem condições de alcançar patamares mais altos de utilização da energia fotovoltaica, onde é mostrado na Figura 1. É possível verificar que os níveis de irradiação solar no Brasil ultrapassam países que utilizam a energia solar em grande escala, como Alemanha, França e Espanha. O artigo indica também que, provavelmente, o necessário é justamente um maior investimento em tecnologia.

Para a elaboração deste trabalho, inicialmente realizou-se um estudo de irradiação solar no estado de Belo Horizonte. Um dos motivos que foi escolhida essa capital foi porque Minas Gerais é o Estado que possui a maior potência instalada, são 241,9 MW de geração e também é a capital com melhores dados disponíveis no *software*. De acordo com CRESESB (2020), para verificar a irradiação solar do local, com os dados de irradiação mensais, utilizou-se o *software* "Radiasol" para simular a inclinação dos módulos fotovoltaicos conseguindo um ajuste de angulação mais eficiente para cada mês.

Os sistemas fotovoltaicos mais baratos atualmente disponíveis no mercado são os estáticos, mas eles perdem muito na geração de energia, pois para uma placa solar ter sua eficiência máxima é preciso estar inclinada em 90° em relação ao raio solar, já os que possuem seguidor solar sua eficiência pode chegar em até 95 % (Poulek, et al. 1998).

O objetivo do presente trabalho, dentro desse escopo, é encontrar um meio termo entre esses dois tipos de sistema de geração de energia aumentando o desempenho em comparação ao sistema fixo, porém diminuindo os custos de instalação e manutenção para aumentar o desempenho em comparação ao fixo e, baratear sua instalação e manutenção.

1.1 Efeito fotovoltaico

A energia solar hoje é a fonte de energia limpa, renovável e sustentável que mais cresce no mundo, ela tem capacidade de gerar energia mesmo se o tempo estiver nublado ou chuvoso, a diferença é a eficiência final. As placas fotovoltaicas têm uma temperatura ideal para máxima eficiência e essa relação está diretamente relacionada à temperatura natural do ambiente.

Para o processo de captação dessa energia, são utilizadas células fotovoltaicas que são fabricadas com materiais semicondutores, ou seja, um material que tem características mistas entre um condutor e um isolante.

Para a maioria dos casos usa-se o silício, pois é facilmente encontrado no ambiente. Para sua utilização são feitos processos de melhoria e adaptação ao componente, iniciando pelo refinamento para assim obter o mesmo em forma pura, mas com isso o cristal refinado vira um mau condutor elétrico. Para melhorar a condução do material é feita uma dopagem, que é um processo de inclusão de outros elementos como o fósforo na composição, após essa etapa encontra-se um material com elétrons livres ou o silício de tipo N, que são materiais carregados de carga negativa. Com outra porção do silício puro é feito uma dopagem com Boro, tendo como resultado um material com falta de elétrons ou o silício do tipo P, que é um material com cargas positivas livres.

Para fabricação das células solares é colocada uma camada fina do material tipo N e em cima uma camada mais grossa do material tipo P, relatado na Figura 1, com essa junção é produzida uma região elétrica, pois os elétrons livres encontrados no N encontram os espaços livres no P.

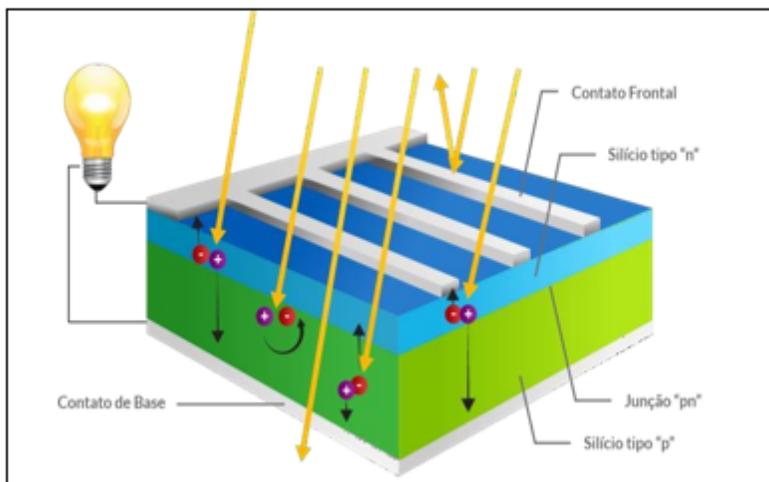


Figura 1. Representação de junção PN.

Fonte: <https://blog.bluesol.com.br/celula-fotovoltaica-guia-completo/>, acesso em maio/2020.

Com isso, após incidir luz sobre a célula fotovoltaica, os fótons provindos da luz incidente, se chocam com os elétrons, fornecendo assim energia e os transformando em condutores. A definição de irradiação é a exposição à radiação (W/m^2), ou seja, é a integração do gráfico da irradiância em um determinado período de tempo e área, conforme Figura 2. No SI, a unidade de irradiação é Wh/m^2 .

Para efeito de cálculos, será utilizado a unidade de $kWh/m^2.dia$, a fim de padronizar os dados no decorrer do artigo.

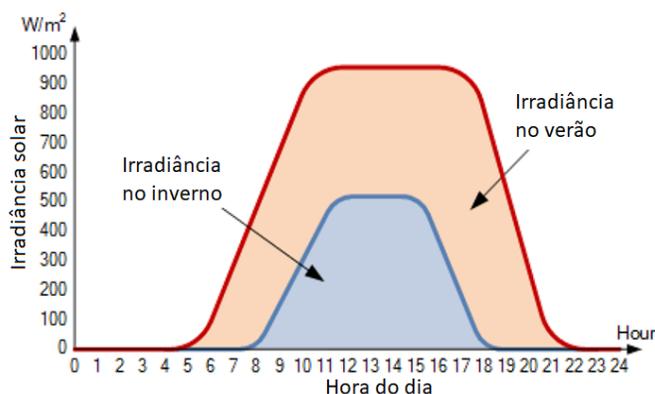


Figura 2. Ilustração de como a irradiação muda no inverno e no verão.

Fonte: adaptado de <https://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/solar-irradiance.html>, acessado em janeiro de 2021.

1.2 Aplicações de energia fotovoltaica no Brasil

O Brasil vem evoluindo muito com os anos, conforme a Figura 3. Uma dessas evoluções o Brasil alcançou em 2018, quando entrou para um grupo seleto de apenas 30 países dos 195 países no mundo capaz de gerar, de acordo com a ABSOLAR, mais de 1 GW em projetos de energia solar fotovoltaica conectados na rede elétrica. Segundo levantamento da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), a potência é suficiente para abastecer 500.000 residências do país, e em média 2 milhões de pessoas.

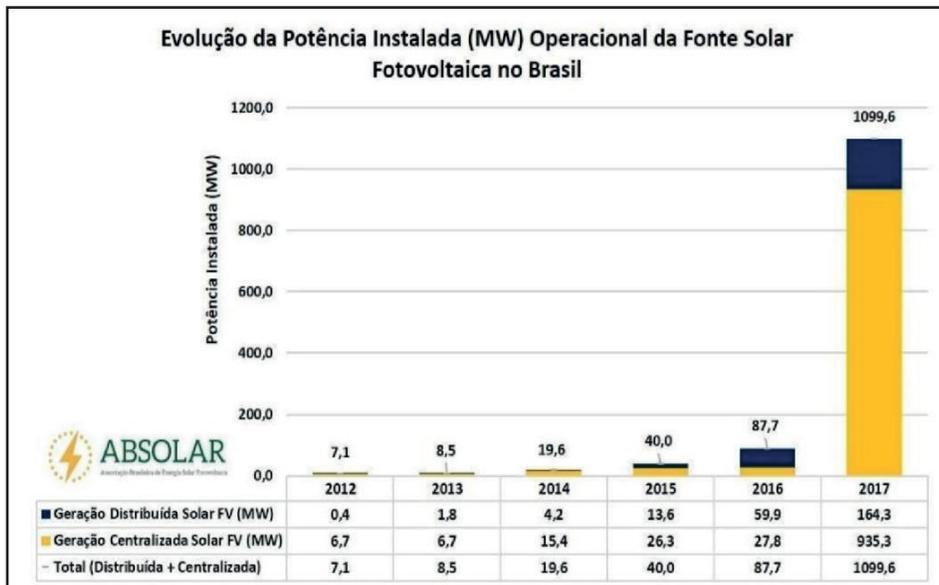


Figura 3. Evolução da Potência Instalada.

Fonte: <http://absolar.org.br/energia-solar-fotovoltaica-atinge-primeiro-gigawatt-no-Brasil.html>, acesso em maio/2020.

1.3 A origem do projeto

Atualmente existem, basicamente, dois principais sistemas de geração de energia fotovoltaica: os seguidores e os fixos.

Os sistemas seguidores, que são basicamente sensores que seguem a posição do sol, utilizam tecnologia de ponta como sistema de posicionamento global, para definirem latitude, longitude, horário do nascer do sol, estações do ano e muitos outros dados. Isso os torna muito eficientes, porém extremamente delicados e caros.

Os sistemas fixos, utilizam alguns dados de irradiação solar por região, e posicionam a placa em um ângulo que seria a melhor média anual para geração de energia. Com isso, consegue-se a geração média do sistema e não a máxima. A ideia do trabalho aqui apresentado nasceu para unificar os dois sistemas: projetando um sistema mais eficiente, porém que não fosse caro e complexo.

1.4 Comparativo sistema 1 eixo versus 2 eixos

O sistema de 2 eixos, chamado de seguidor solar, pode chegar a 40% de eficiência, porém esse sistema necessita de um investimento maior. Já o sistema proposto aqui, chega a alcançar uma eficiência de 9,5% a mais do que um sistema fixo, com um investimento muito mais baixo.

Na Tabela 1 pode-se visualizar o comparativo de investimento entre esses dois sistemas. A placa fotovoltaica e as infraestruturas como cabos, eletrodutos, medidor

de energia não estão incluídos na tabela, pois trata-se de um item em comum nos dois sistemas.

	ATUADOR LINEAR ¹	ATUADOR GIRATÓRIO ²	SENSOR SOLAR ³	EFICIÊNCIA	TOTAL INVEST.
SISTEMA DE 1 EIXO	\$ 49,25	-	-	9,5%	\$ 49,25
SISTEMA DE 2 EIXOS	\$ 49,25	\$ 660	\$ 45	40%	\$ 754,25

Tabela 1 - Comparativo entre sistemas

Fonte: Marketplace Aliexpress, disponível em <https://cutt.ly/3hOeBOP>, acessado em 2021.

2 | METODOLOGIA

Os métodos de estudo consistiram em avaliar o *payback*, a eficiência de geração de energia, custos de instalação e a Taxa Interna de Retorno. Inicialmente foi feito um estudo de irradiação solar no estado de Belo Horizonte, de acordo com o site do CRESESB (2020), conforme Figura 4. Nesse estudo, consegue-se observar uma variação de irradiação em cada mês.



Figura 4. Irradiação Solar no Plano.

Fonte: Imagem do site: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>, acessado em Maio/20

Na Figura 5 consegue-se ver a tela inicial de estudo do *software* Radiasol, que foi a segunda etapa de coleta de dados. A *simulação* foi realizada mês a mês com a inclinação

mais eficaz dos módulos fotovoltaicos, de modo que a placa consiga gerar mais energia comparado ao sistema estático.

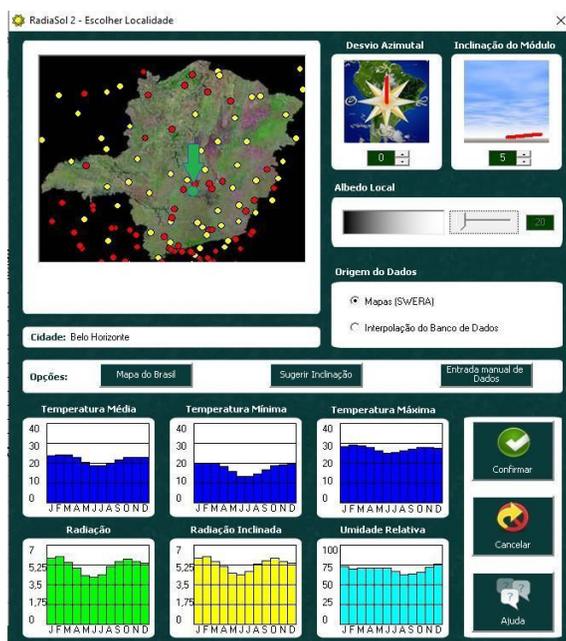


Figura 5. *Software radiasol*

Fonte: <https://radiasol.software.informer.com/2.0/>

Depois de obtidas as informações a respeito da irradiação, foi feito um estudo de viabilidade do projeto. Para isso, realizou-se contato com o setor técnico da empresa “TECHMAKERS”, a fim de realizar levantamento de custo de manutenção preventiva no servomotor, que é o equipamento principal responsável por sustentar as placas fotovoltaicas.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo e desenvolvimento deste trabalho procurou obter uma maior eficiência na geração de energia elétrica, via painéis fotovoltaicos, atrelado a um custo muito menor do que um sistema de seguidores solares.

Através da ferramenta de alteração da inclinação do painel, com *software* “Radiasol”, foi realizada uma simulação mensal, até encontrar a melhor inclinação das placas fotovoltaicas que possibilita a melhor captação possível dos raios solares, durante o mês.

Para descobrir o ganho de eficiência do sistema novo, foram coletados os dados de irradiação com painel fixo inclinado a 21° (latitude do local), conforme é feito em sistemas estáticos. Os resultados de irradiação mensais estão descritos na Tabela 2.

MÊS	IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MÉDIA [kWh/m ² .dia]	INCLINAÇÃO DA PLACA [°]
JAN	4,81	21
FEV	5,28	21
MAR	4,85	21
ABR	4,66	21
MAI	4,16	21
JUN	4,04	21
JUL	4,04	21
AGO	4,93	21
SET	4,5	21
OUT	4,69	21
NOV	4,79	21
DEZ	5,16	21
TOTAL ANO	55,91	

Tabela 2. Irradiação mensal no plano inclinado fixo de 21°

Fonte: *Software* radiasol Disponível em: <http://www.solar.ufrgs.br/>

Utilizando o mesmo banco de dados do *software*, foi realizada a simulação mensal de inclinação da placa, até se obter os maiores valores de irradiação no mês. Os resultados estão descritos na Tabela 3.

MÊS	IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MÉDIA [kWh/m ² .dia]	INCLINAÇÃO DA PLACA [°]
JAN	5,53	5
FEV	5,44	13
MAR	5,18	20
ABR	5,05	35
MAI	4,68	45
JUN	4,59	50
JUL	4,61	50
AGO	5,07	34
SET	4,86	28
OUT	5,12	18
NOV	5,12	8
DEZ	5,55	5
TOTAL ANO	61,20	

Tabela 3 – Irradiação mensal no plano inclinado variável

Fonte: *Software* radiasol Disponível em: <http://www.solar.ufrgs.br/>

Com isso, foi obtido um resultado de 9,5% de ganho em geração de energia comparado ao sistema estático. No plano inclinado fixo, o total de **irradiação média** mensal no ano foi de 55,91 kWh/m² e no sistema variável, o valor de irradiação foi de 61,20 kWh/m². O sistema estático gera menos energia que o sistema variável, através do gráfico mostrado na Figura 6 essa diferença fica visível.

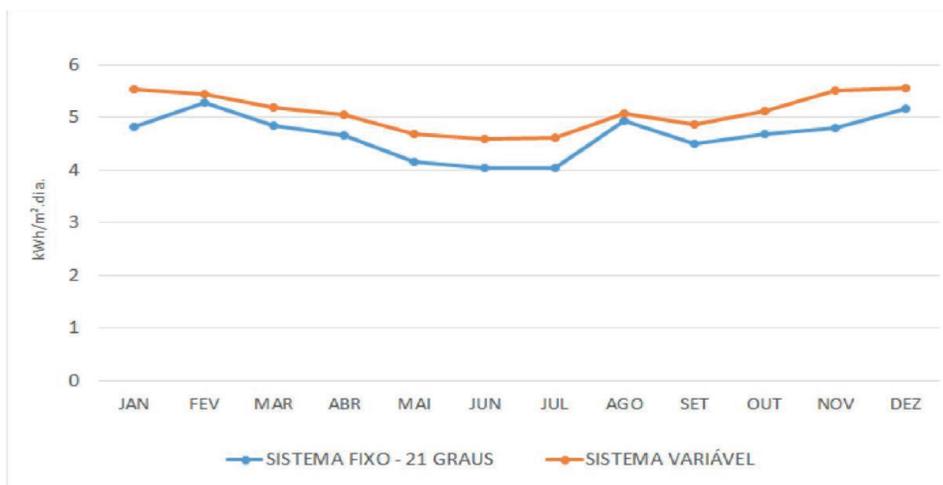


Figura 6: Comparativo entre sistema fixo e sistema variável

Fonte: Próprio autor

Entrando no âmbito do *payback*, ou seja, o tempo necessário para recuperar o investimento, a análise foi feita utilizando várias perspectivas. A potência de uma placa fotovoltaica é encontrada no mercado com valores padrões e quando o cálculo de quantidade de placas resulta em um número decimal, sempre se arredonda para cima, pois é necessário garantir a geração de energia para o projeto, conforme Tabela 3.

Para efeito de cálculos, foi escolhido um valor de geração mensal de 200 kWh/mês, ou 6,66 kWh/dia e por convenção, foi definido a eficiência das placas em 100%, pois a eficiência de ambas as placas serão as mesmas, tanto no sistema fixo como no variável. O cálculo da potência pico do sistema e a quantidade de placas se dá pelas equações 1 e 2, respectivamente.

$$P_i = \frac{Cr}{I_r} \quad (1)$$

$$Q = \frac{P_i}{P} \quad (2)$$

Em que:

P_i é a potência de pico do sistema [kWh/dia];

I_r a irradiação [kWh/m²];

Cr é o consumo diário [kWh]

P a potência da placa fotovoltaica [W] e

Q a quantidade de placas fotovoltaicas.

Para descobrir se a potência da placa irá influenciar positivamente ou negativamente no projeto proposto, utiliza-se os cálculos citados anteriormente, portanto a Tabela 4 traz sete exemplos práticos com placas presentes no mercado nacional, comparando entre os sistemas fixo e sistema variável. Lembrando que a quantidade de placa tem que ser um número inteiro, ou seja, arredonda-se os resultados decimais para cima.

Deste modo, se for escolhida uma placa com a potência correta, consegue-se reduzir a quantidade de placas e isso alinhado à variação dos módulos, tem-se a diminuição do custo do projeto.

IRRADIAÇÃO MÉDIA DO SISTEMA FIXO	IRRADIAÇÃO MÉDIA DO SISTEMA VARIÁVEL
4,66 kWh/m ² .dia	5,10 kWh/m ² .dia

Potência da placa [W]	Potência Pico [Wp]	Quantidade mínima de placas	Potência da placa [W]	Potência Pico [Wp]	Quantidade mínima de placas
330	1430	4,3=5	330	1305	3,9=4
300	1430	4,7=5	300	1305	4,3=5
280	1430	5,1=5	280	1305	4,6=5
260	1430	5,5=6	260	1305	5
160	1430	8,9=9	160	1305	8,1=8
100	1430	14,9=15	100	1305	13
90	1430	15,8=16	90	1305	14,5=15

 Impacto positivo no custo.

Tabela 4: Comparativo do Sistema fixo versus Sistema variável, em relação a potência das placas fotovoltaicas.

Fonte: Próprio Autor

Com o sistema fixo, utilizando uma placa fotovoltaica de 330W, o custo do investimento será de R\$3.290,85 e a taxa interna de retorno 97,27%, conforme mostra a Figura 6.

A Taxa interna de retorno (*TIR*) é um valor pertencente a um método utilizado para avaliar a atratividade de um projeto. Se a *TIR* de um projeto **exceder a Taxa Mínima de Atratividade** significa que ele é viável. A Taxa Mínima de Atratividade corresponde ao mínimo que um investidor se propõe a ganhar, ou ao máximo que alguém propõe-se a pagar ao realizar o projeto

Para efeito de comparação, os valores das colunas nomeadas de *características técnicas* e *financeiras* estão idênticos nos dois sistemas.

Com o correto dimensionamento e escolha da placa fotovoltaica no sistema variável, consegue-se a mesma geração de energia, porém com um investimento 18,94% menor que o sistema fixo e uma taxa interna de retorno de 146,34%, conforme mostra Figura 7.



Figura 6: Análise financeira Sistema Fixo

Fonte: Planilha de cálculos disponibilizada pela empresa Soliens.



Figura 7: Análise financeira Sistema Variável

Fonte: Planilha de cálculos disponibilizada pela empresa Soliens.

Percebe-se também que, neste exemplo citado acima para a potência da placa de 330W, o *payback* do sistema fixo era de dois anos, já o *payback* com sistema variável, cai para um ano e o sistema terá uma geração mensal igual para ambos.

Depois de avaliar todas as considerações da área técnica, como manutenção e limpeza da placa, vida útil do servomotor e eficiência do sistema, foi concluído que o projeto é viável economicamente. Esse custo de manutenção está incluído no cálculo de

payback do sistema.

4 | CONCLUSÃO

Foi desenvolvido uma solução para melhorar a eficiência de geração de energia em 9,5%, com um custo menor do que os sistemas mais complexos, como seguidores solares. O sistema variável gera um retorno maior do que o sistema fixo e se torna acessível ao cliente residencial e industrial.

Conseguindo aumentar a eficiência através do sistema variável, é possível reduzir o número de placas fotovoltaicas, sem alterar a geração de energia, conquistando uma economia de investimento de até 18,94% menor que o sistema fixo, dependendo da potência da placa.

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise comparativa de um sistema fixo com um sistema variável, desenvolveu-se um modelo que é capaz de ser ao mesmo tempo, melhor e mais barato do que os sistemas convencionais de geração fotovoltaica, conseguiu-se também descobrir qual a melhor situação no que se refere ao dimensionamento do sistema de geração de energia elétrica relacionando investimento, eficiência e potência gerada, sendo toda essa análise inserida no contexto do atual cenário brasileiro que leva o valor do dólar mais alto dia a dia. Após essa minuciosa análise, descobriu-se uma situação ideal, que se mostra mais vantajosa em relação ao custo-benefício para o cliente final, podendo ser aplicado em indústrias e unidades residenciais ou comerciais.

Algo para enaltecer é que um sistema fixo tem um valor significativamente mais baixo no quesito irradiação média mensal comparado ao sistema variável aqui apresentado, 55,91 kWh/m² contra 61,21 kWh/m².

Ainda pode-se citar que um sistema mais complexo de seguidor solar pode ser sim mais vantajoso quando se trata de potência fornecida, mas quando se refere aos valores, demonstrou-se uma no investimento, de \$754,25 (seguidor solar), para \$49,25 (sistema variável 1 eixo).

O trabalho levou em consideração para os comparativos e estudo de viabilidade, empresas atuantes no mercado brasileiro e pesquisas realizadas no território nacional. O ponto chave para análise da movimentação ideal para ser posicionada a placa a fim de se ter uma melhor eficiência e menor custo de implementação para movimentação constante, foi utilizado o *software* "Radiasol" onde identificou-se a inclinação de maior eficiência ao mês, sendo ajustada conforme sua melhor posição dentro de cada mês e relacionada às estações do ano.

Devido à importância do presente trabalho, sua aplicação além de trazer melhor custo benefício ao consumidor, traz vantagens à Economia Geral com a redução dos impactos ambientais em se tratando de recursos não renováveis da Natureza.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Energia solar fotovoltaica atinge primeiro gigawatt no Brasil**, disponível em <http://absolar.org.br/energia-solar-fotovoltaica-atinge-primeiro-gigawatt-no-brasil.html>. Acesso em maio/2020.

BLUESOL. **Célula Fotovoltaica – O Guia Técnico Absolutamente Completo**, disponível em <https://blog.bluesol.com.br/celula-fotovoltaica-guia-completo>. Acesso em maio/2020.

CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito). **Cálculo da Irradiação no plano Inclinado**, disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em Março/20.

FERRONATO, Régis; SEVERO, Tiago. Análise do Rendimento de um Módulo Fotovoltaico com Suporte de Inclinação Variável. 2018. Dissertação - 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente – Universidade de Caxias do Sul (UCS).

GLOBAL SOLAR ATLAS. **Mapa solar Global**, disponível em <https://globalsolaratlas.info/map?c=4.1307781.934208,2&s=70.631276,63.161301&m%20=site,%20acessad%20o%20em%20maio%2F2020>. Acesso em Maio/20.

LABREN - Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (divisões do INPE). **Médias do Total Diário da Irradiação no Plano Inclinado para o estado de MINAS GERAIS**, disponível em http://labren.ccst.inpe.br/atlas2_tables/MG_inc.html. Acesso em Julho/20.

PORTAL SOLAR. **Energia Fotovoltaica**, disponível em <https://www.portalsolar.com.br/energiafotovoltaica.html>. Acesso em maio/2020.

TECHMAKERS **Produtos para automação**. Fornecedor de produtos mecatrônicos para máquinas, equipamentos e projetos de pesquisa, disponível em <https://www.techmakers.com.br/>. Acesso em Março/20.

TREASY. **Planejamento Orçamentário**, disponível em <https://www.treasy.com.br/>. Acesso em Outubro/20. SOLAR TRACKER BRAZIL. Desenvolvedor do rastreador solar tracker, disponível em <https://solartrackerbrazil.com.br/>. Acesso em Outubro/20

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

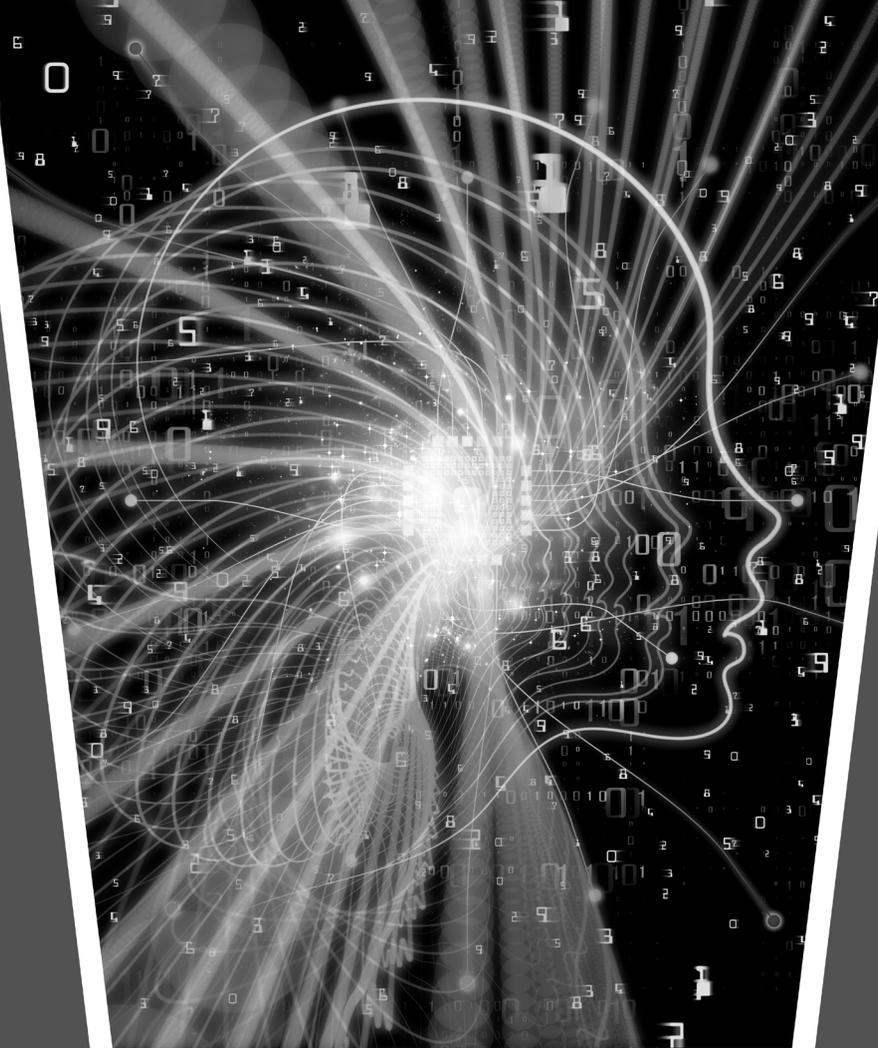
Transformação digital 163

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



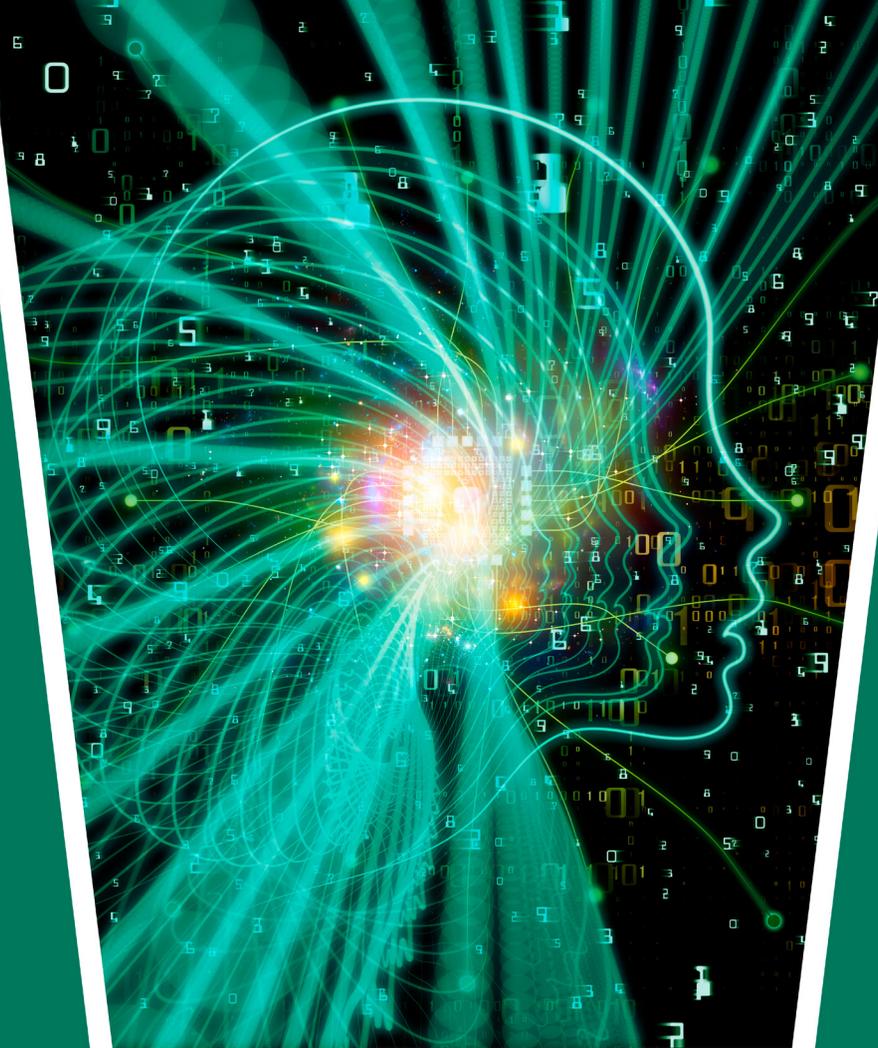
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



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
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Editora
Ano 2021