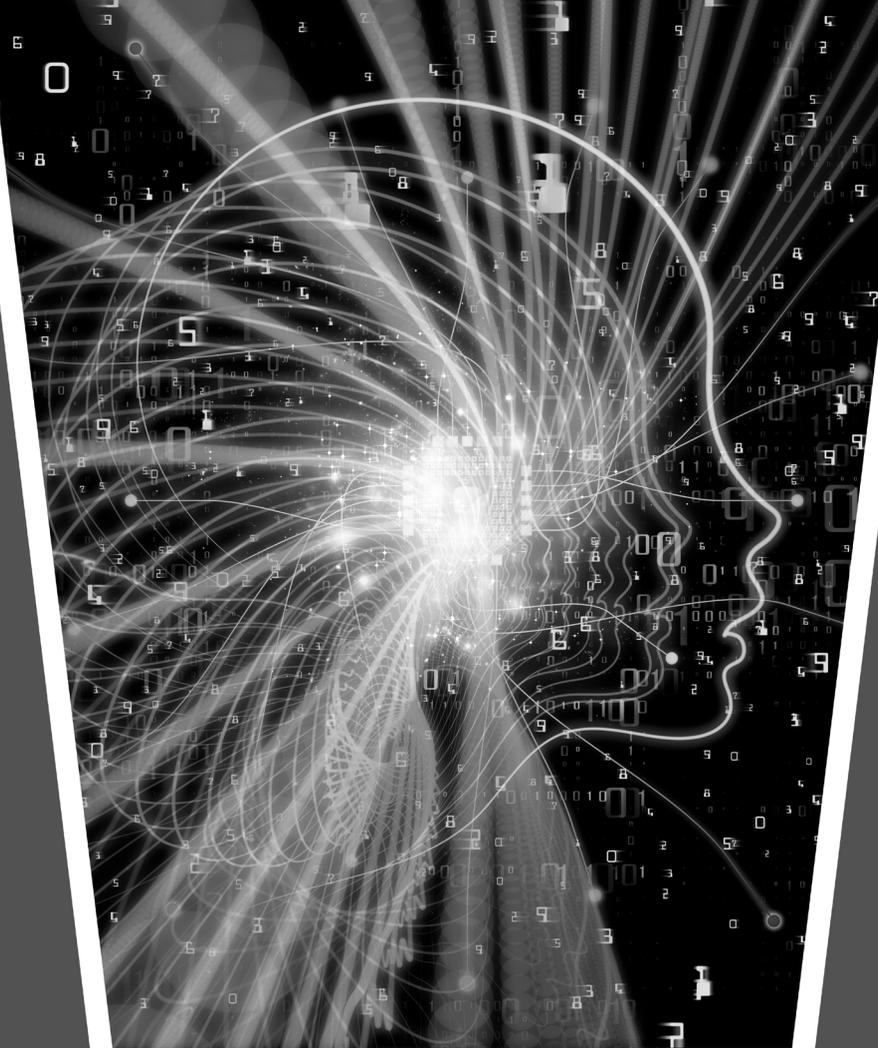


# Engenharia Moderna: Soluções para Problemas da Sociedade e da Indústria 2

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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

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

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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**

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

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

## SMLP - SISTEMA DE MONITORAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO

Data de aceite: 16/03/2021

Data de submissão: 15/01/2021

### Igor Vieira Lima

Universidade São Francisco  
Itatiba – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/4899391894303945>

### Kaique Franco Jarussi

Universidade São Francisco  
Itatiba – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/9154230450660537>

### Annete Silva Faesarella

Universidade São Francisco  
Itatiba – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/8546620295718065>  
<https://orcid.org/0000-0002-1034-6123>

### Vicente Idalberto Becerra Sablón

Universidade São Francisco  
Itatiba – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/6350047853320576>  
<https://orcid.org/0000-0002-1034-6123>

**RESUMO:** Na empresa em estudo, foi observada uma grande quantidade de atuações técnicas nas máquinas, que impactavam diretamente na disponibilidade da produção para montagem de peças, diminuindo diretamente a produtividade e o medidor mais observado na indústria, o OEE (Índice Operacional Global). O sistema de gestão atual das linhas de produção é o Andon, que auxilia na atualização dos técnicos com o *status* das máquinas e operações de montagem, porém com análises, percebeu-se

a necessidade de uma melhoria desse sistema, atuando diretamente na gestão de solicitação de suporte técnico reduzindo o período de transação de informações, entre solicitante e suporte, tornando o sistema Andon mais eficiente e centralizado. Como melhoria, foi criada uma central de monitoramento onde mostra o *status* de todas as máquinas e bancadas das operações, também sendo possível visualizar o suporte solicitado especificando qual área, sejam elas (qualidade, logística, processo e manutenção). Como protótipo, foi utilizado o ESP32, por sua facilidade e versatilidade no projeto, como um módulo *Wi-fi*, para comunicação da linha com a central de monitoramento. Conforme analisado, os resultados esperados indicam um aumento de produtividade, além de agilizar o trabalho da mão-de-obra especializada, disponibilizando para outras atividades, aumento do medidor OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que é o medidor mais importante, utilizado na indústria para medir a eficiência de uma linha de produção. **PALAVRAS-CHAVE:** Sistema Andon via *Web Server*, OEE, ESP32 aplicado a linha de produção, Sistema de monitoramento de linha de produção.

### SMLP - PRODUCTION LINE MONITORING SYSTEM

**ABSTRACT:** In the company under study, a large number of technical actions were observed on the machines, which directly impacted the production availability for assembling parts, directly decreasing productivity and the most observed meter in the industry, the OEE (Global Operational Index). The current management system for production lines is Andon, which assists in updating technicians with the status of machines and assembly operations, but

with analyzes, the need for an improvement of this system was perceived, acting directly on request management of technical support reducing the information transaction period, between requester and support, making the Andon system more efficient and centralized. As an improvement, a monitoring center was created where it shows the status of all the machines and benches in the operations, and it is also possible to view the requested support specifying which area, whether they are (quality, logistics, process and maintenance). As a prototype, ESP32 was used, for its ease and versatility in the project, as a Wi-fi module, for communication of the line with the monitoring center. As analyzed, the expected results indicate an increase in productivity, in addition to streamlining the work of specialized labor, making available for other activities, an increase in the OEE (Overall Equipment Effectiveness) meter, which is the most important meter used in the industry to measure the efficiency of a production line.

**KEYWORDS:** Andon Sistem for Web Server, OEE, ESP32 for production line, Production line monitoring system.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente na quarta revolução industrial é incluso dentro das empresas, tecnologias e automatizações, que aceleram o processo de produção, garantindo cada vez mais a qualidade e controle do que é produzido. Para assegurar total controle da manufatura envolvida na linha, precisa-se de um sistema robusto de monitoramento, sendo deles, os mais utilizados atualmente, com recursos com IoT (*internet of things*).

Um dos medidores mais observados em uma linha de produção é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) que demonstra a eficiência de uma máquina, mediante a produção programada para ela. Algo que é comum acontecer, é a atuação de manutenção preventiva ou corretiva, ou até mesmo atuação de *setups* para utilização do equipamento para outros produtos. A eficácia e agilidade destes atendimentos é essencial, para assim disponibilizar o maior tempo possível do equipamento à linha de produção. Muitas empresas, visam e exigem sistemas que agilizem o atendimento e tenham monitoramento constante destes equipamentos, o principal deles, é o Sistema Andon.

Kamada, (2008) define que o sistema Andon é uma ferramenta de gestão visual, normalmente utilizando lâmpadas, sejam elas em uma central de gestão, ou como sinaleiros posicionados nas estações de trabalho, estes devem indicar o *status* de uma linha de produção, com o objetivo de melhorar a produtividade em uma empresa, agilizando os chamados de manutenção e *setup*, reduzindo bruscamente o tempo de chamadas e alavancando o OEE.

Como incentivo e busca de produtos de maior qualidade, as grandes montadoras de automóveis estão exigindo diversos sistemas de monitoramento e controle que englobam a indústria 4.0, sendo eles requisitos iniciais para atender a lista de possíveis fornecedores, ou seja, é necessário inovar.

A falta de informação técnica, impede o desenvolvimento da tecnologia no Brasil, visto isto como foco, desenvolver um sistema de controle de *interface* – suporte de linha de produção, com baixo custo e desenvolvimento caseiro, que possa agilizar os serviços prestados a linha de produção, melhorando o medidor OEE (*Overall Equipment*

*Effectiveness*), que apresentará o resultado com maior precisão.

Quando é visto o lado vantajoso do projeto, é possível enxergar facilmente os principais benefícios dele para a empresa, já que a maior perda está justamente na parada de máquina e tempo de comunicação da produção com o suporte técnico.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Indústria 4.0

Segundo Sacomano et al. (2018) quando se trata da Indústria, a base existente de automação informatizada e uma visão de negócios voltada à transformação digital fez nascer o conceito de Indústria 4.0, cujo nome veio de um projeto da indústria alemã, denominado *Plattform Industrie 4.0* (Plataforma Indústria 4.0), lançado em 2011, na Feira de Hannover.

A partir da Alemanha, o conceito de Indústria 4.0 foi sendo cada vez mais desenvolvido em outros países e, atualmente, tornou-se uma tendência universal. Algumas empresas já operam com 100% de sua produção fabricada no modelo de Indústria 4.0 e contam com um pequeno número de profissionais altamente qualificados. (ALMEIRA, 2019)

De acordo com Almeida (2019) o acompanhamento e a análise dos dados da produção em tempo real garantem maior assertividade na tomada de decisões, o que permitirá que o processo produtivo atenda às necessidades do cliente final.

### 2.2 *Internet of things (IoT)*

Enquanto na internet convencional os agentes emissor e receptor da comunicação são seres humanos, na IoT emissor e/ou receptor são coisas, ou seja, objetos que utilizam a internet como um canal de comunicação. (SACOMANO et al., 2018)

Franco (2019) conta que se um ativo industrial quebra, toda a produção é afetada e acaba tendo um custo elevado. Se esses ativos industriais estão conectados e podem ser monitorados através do IoT os problemas são resolvidos antes que eles aconteçam, os benefícios são enormes. Os alertas podem ser configurados, os ativos podem ser mantidos de forma preditiva, o monitoramento e o diagnóstico em tempo real tornam-se possíveis.

Almeira (2019) complementa que para a área industrial, a IoT possibilita a tomada de decisões por parte dos profissionais da Indústria 4.0. Ela também permite que as máquinas e equipamentos dos mais variados tipos coletem em tempo real dados dos ambientes que os cercam, por meio de sensores, microprocessadores, *tags* e outras tecnologias relacionadas.

Quando unido com o sistema Andon, o IoT possibilitará a visualização em tempo real da situação das máquinas da planta, o que trará benefícios imensuráveis ao longo prazo, já que a comunicação não se torna um problema, e sim a solução.

### 2.3 Sistema Andon

Eng Process (2017) conta que o sistema Andon foi desenvolvido por Sakichi Toyoda, fundador da Toyota. Sakichi, que ao observar sua vó trabalhar em uma máquina de tear

elétrica notou que se um fio se partisse, todo material na máquina seria desperdiçado, até que alguém notasse o problema e parasse a produção, assim unindo a capacidade humana de detecção da falha e a autonomia de parar o processo, foi desenvolvido a ideia do Sistema Andon.

Kamada (2008) define que o sistema Andon é uma ferramenta de gestão visual, normalmente utilizando lâmpadas, sejam elas em uma central de gestão, ou como sinaleiros posicionados nas estações de trabalho, estes devem indicar o *status* de produção de uma estação de trabalho e todo esse sistema tem como objetivo, manter a operação dentro do *Takt Time* (tempo disponível da produção, mediante a demanda de mercado),.

Atualmente tem-se como desafio na empresa, agilizar o atendimento nas máquinas, com um time reduzido, então como solução é interessante ter um sistema de administração da linha de montagem, solicitando o devido suporte, para situações adversas e otimizando ao máximo o tempo hábil do time.

## 2.4 OEE (Índice Operacional Global)

Segundo Silveira (2012) o OEE, é o principal indicador utilizado para medir uma eficiência global. O OEE tem como objetivo medir, a frequência que o equipamento está disponível para operar; o quão rápido está produzindo estas peças e a qualidade, ou seja, quantas peças se produz, sem que ocorram falhas ou refugos.

Silveira (2012) finaliza dizendo que mundialmente as empresas possuem uma meta padrão para esse indicador o *World class* OEE, é de 85%. Este é o medidor encontrado nas melhores empresas do mundo, o restante apresenta um valor de 60%, sendo assim é possível aumentar a eficiência em 25%, utilizando os mesmos recursos e equipamentos.

O OEE é a métrica utilizada para medição dos resultados da implementação do sistema Andon, pois como explicado, ele mostra o impacto de paradas de linha na produtividade e o benefício de um atendimento rápido e eficiente impacta nesse medidor.

Segundo Iannone e Nenni (2013), o OEE pode ser prejudicado pelo que é chamado *Six Big Losses*, são situações adversas que prejudicam diretamente na produtividade, sendo elas: pane (parada crítica não planejada de uma máquina, essa situação se resume a ação de uma manutenção corretiva); *setup ou* ajuste (tempo crítico no OEE, apesar de serem paradas de curto período, são as mais frequentes, e quando somadas ao fim de uma produção são as que mais impactarão na performance do OEE); pequenas paradas e redução de ciclo de trabalho (são situações adversas e as mais difíceis de monitorar, normalmente se devem ao desgaste mecânico, troca de sensores, *bugs* no *software* e falta de material na linha, não são frequentes, porém necessitam atenção) e a quebra de qualidade e perda de rendimento (área dedicada aos rejeitos na montagem, sejam eles de fornecedores secundários, ou de submontagem na própria linha de produção).

O gráfico da figura 1, exemplifica o reflexo destas paradas em uma linha de produção, além de mostrar como é calculado o OEE, mediante os três pilares (Disponibilidade, *Performance* e Qualidade).

Sempre que há uma parada que tange o *Six Big Losses*, é importante que o problema que causou a parada seja resolvido o mais rápido possível, para retomada de produção.



Figura 1 – Gráfico de perdas

Fonte: ( <http://lekexcel.com.br/control-de-oe.html>)

Todavia, um grande fator que passa despercebido na maioria das empresas é a agilidade do suporte em atender a linha de produção.

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Processo produtivo

A construção de um sistema Andon foi atribuída ao estudo efetuado previamente e observou-se o seu impacto na indústria atual e as suas inovações, bem como adaptações a diversos processos, além das novas tecnologias, que veem com a forte influência da indústria 4.0.

A empresa no qual está sendo fundamentado o estudo de caso, atua no ramo automotivo. Focado no setor de climatização.

Foi observado uma enorme perda de produtividade, mediante *setups*, manutenção não programadas, abastecimento de materiais e quebra de qualidade dos produtos.

Por conta desses fatores e por requisitos de clientes, foi necessário aprimorar o sistema Andon existente. Atualmente o que se possui é uma torre de iluminação com três cores, que apresentam as seguintes informações, como mostrado na figura 2. Apesar destas informações o sistema atual na empresa não é eficaz. A grande quantidade de operações e bancadas torna quase impossível a visualização do *status* da operação no meio da linha, pois . não demonstra com clareza o que se passa na linha de produção



Figura 2 – Configuração da iluminação do sistema Andon

Fonte: (<http://andon.com.br/andon-kanban-para-esteiras-e-flowracks/>)

O diagrama da figura 3 observa-se o leque de possibilidades. Conforme mostra o mapa mental, da figura 3, existem quatro áreas principais que são responsáveis por dar suporte a linha de produção, porém a luz vermelha do Andon não indica qual é o problema e não filtra qual profissional seria o mais adequado para o serviço.

O tempo perdido até que alguém chegue até a operação, analise a situação e tenha o consenso de como resolver a situação ou se deve solicitar o auxílio de outro profissional é expressivo, cerca de 10 – 15 minutos perdidos, somente para iniciar a ação na operação. Estes 10 minutos impactam diretamente na *performance* do OEE, reduzindo o tempo hábil da produção.

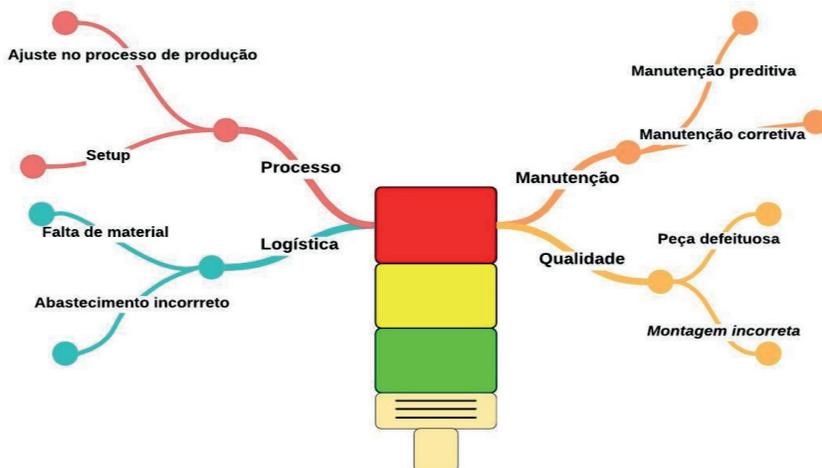


Figura 3 – Mapa mental, mediante ao sinal de parada de operação.

Fonte: Próprio autor.

No caso em estudo, a duração de um *setup* ou ajuste rotineiro é de 10 à 15 minutos, porém o tempo que se perde entre a solicitação do serviço e o atendimento do suporte é de

10 minutos. Para melhor entendimento do reflexo na produção foi utilizado o OEE, segue cálculo indicado na equação 1:

**Equação 1** – Equação do OEE. (Fonte: GUPTA et al., 2012).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo\_total\_de\_operação}}{\text{Tempo\_total\_disponível\_para\_operação}}$$

Considerando:

Tempo total de operação: 60 minutos – 15 minutos (manut. ou *setup*) – 10 minutos (espera).

Tempo total disponível para operação: 60 minutos.

**Equação 2** – Cálculo OEE, voltado a disponibilidade.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{35}{60} \times 100 = 58,3\%$$

Analisando a situação atual, o OEE se resume em 58,3 % de disponibilidade da operação para produção, nessa hora analisada individualmente.

Com um sistema Andon eficiente, com dados mais visíveis e acessíveis por todos, além de especificar qual a situação adversa que está acontecendo na operação, o tempo de espera será reduzido em 5 minutos, que é o tempo observado na empresa, entre a comunicação da linha de produção e o técnico com isso será recalculado o OEE. Considerando:

Tempo total de operação: 60 minutos – 15 minutos (manut. ou *setup*) – 5 minutos (espera).

**Equação 3** – Cálculo OEE com sistema Andon eficiente.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{40}{60} \times 100 = 66,6\%$$

Comparando ambos resultados, a disponibilidade da linha aumentará em 8,3 %, um valor representativo, ainda mais em uma linha de produção em que não há espaço para perdas.

## 3.2 Protótipo

Com a análise completa e os dados em mãos, viu-se a necessidade de um *upgrade* no sistema Andon atual, tendo como foco alguns objetivos principais como: tornar o *status* das operações mais visível para a equipe de suporte técnico; melhorar a comunicação da linha com o suporte técnico, tornando mais específico a descrição do problema; dar agilidade no atendimento da linha de produção e melhorar o medidor OEE, referente à disponibilidade.

Para tornar o sistema Andon mais eficiente, foi criado um painel que representa a planta da empresa com o *status* das operações, como uma central de monitoramento. Este painel, centralizará todas as informações do funcionamento e máquinas operantes, bem como seus respectivos *status* de produção, tornando prática e mais chamativa a solicitação

de uma assistência.

Para a prova de conceito foi utilizado no projeto o ESP32, por ser mais acessível financeiramente ao grupo e apresentar resultados satisfatórios para a análise. Ele serve de meio intermediário entre os sinais provenientes da máquina para os técnicos responsáveis.

Teixeira (2019) Cita que através do ESP32 existe a facilidade de realizar o projeto de Automação com apenas um módulo que é o próprio microcontrolador e preocupa-se neste caso, apenas com o código, que não necessita de linguagens extras de comunicação. Levando em consideração o controle do sistema Andon, foi adicionado ao *hardware*, um *shield wi-fi* para que tenha o envio de dados remotamente, sem haver a necessidade de cabeamento.

Existem controladores (CLPs) que se conectam à rede e além de transmitir, também controlam, qualquer sinal que venha de sensores e botões.

Segundo Silva (2018) o CLP lê os estados de cada uma das entradas e verifica se alguma foi acionada. Essa varredura, ou *scan*, geralmente dura microssegundos, o que é muito importante na indústria.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como forma definitiva do sistema Andon, foi feita uma conectividade com roteador, que através de um *Web Server*, é possível acessar o *status* dos equipamentos mediante as chamadas das áreas que estão sendo solicitadas, conforme mostra figura 4.

Através dessa *interface*, o usuário pode solicitar o auxílio para uma área determinada ou indicar um estado de emergência na operação. Com a solicitação feita, o sistema manda automaticamente uma mensagem via *Telegram* para um usuário previamente determinado no código fonte inserido no ESP32.



Figura 4– Sistema Andon via *Web Server*, sendo acessado por um dispositivo móvel

Fonte: Próprio autor.

Conforme mostra figura 5, foi solicitado assistência da manutenção na máquina de solda e instantaneamente é enviado uma mensagem via “AndonTGbot”.



Figura 5 – Mensagem enviada via *Telegram* pelo ESP32

Fonte: Próprio autor.

Todos as solicitações ficam armazenadas no histórico de conversa com o *bot*, conforme mostra figura 6, tendo informação de quando foi solicitado auxílio.

Para validar o resultado da implementação da central de monitoramento, a ferramenta utilizada é o OEE e ela representará de forma significativa o impacto do projeto.



Figura 6 – Mensagens do “bot” Andon no histórico de conversar no Telegram.

Fonte: Próprio autor.

Conforme mostrado na figura 7, foram computados os dados durante a semana do dia 29/06/2020 para estudo da aplicação.



Figura 7 - Gráfico demonstrativo de atuações no SSL

Fonte: Próprio autor.

Como demonstra tabela 1, foi monitorado durante a semana do dia 29/06/2020 as atuações técnicas no SSL, arquivando a quantidade de *setups*, ajustes e o tempo de suporte para o equipamento. Com o objetivo de reduzir as perdas derivadas do *Six Big Losses*, a implementação do sistema Andon, visa agilizar o atendimento a linha de produção, através de uma central de monitoramento.

Dias	Tempo de produção (min)	Quantidade de atuações	Tempo de parada (min)	OEE (%)	Tempo disponível de produção (min)	Quantidade de peças produzidas
29/jun	1320	8	200	85	1120	5600
30/jun	1320	10	250	81	1070	5350
01/jul	1320	7	175	87	1145	5725
02/jul	1320	8	200	85	1120	5600
03/jul	1320	9	225	83	1095	5475

Tabela 1 – OEE (Disponibilidade) – Sem central de monitoramento

Fonte: Próprio autor.

Mantendo a análise na mesma máquina, foi realizada a previsão do impacto do sistema proposto na agilidade do atendimento técnico à linha de produção, como mostrado na tabela 2.

Dias	Tempo de produção (min)	Quantidade de atuações	Tempo de parada (min)	OEE (%)	Tempo disponível de produção (min)	Quantidade de peças produzidas
29/jun	1320	8	160	88	1160	5800
30/jun	1320	10	200	85	1120	5600
01/jul	1320	7	140	89	1180	5900
02/jul	1320	8	160	88	1160	5800
03/jul	1320	9	180	86	1140	5700

Tabela 2 – OEE (Disponibilidade) – Com central de monitoramento

Fonte: Próprio autor.

Como apresentado na tabela 2, houve uma melhora significativa no OEE. O *World Class OEE*, define como meta global 85%. Conforme foi demonstrado na tabela 1, no dia 30/6/2020 o OEE foi de 81%, abaixo do objetivo esperado, porém analisando a tabela 2, com a aplicação do sistema Andon, o OEE subiu para 85%, alcançando a meta da corporativa. Além disso, pode-se notar na tabela 3 uma diferença expressiva na quantidade de peças produzidas.

Com a simulação do novo sistema, durante uma semana de trabalho, haverá um ganho de 1.050 peças, aumentando a produtividade.

	Quantidade de peças produzidas	Quantidade de peças produzidas (Sistema Andon)	Variação de peças
29/jun	5.600	5.800	200
30/jun	5.350	5.600	250
01/jul	5.725	5.900	175
02/jul	5.600	5.800	200
03/jul	5.475	5.700	225
<b>Total</b>	<b>27.750</b>	<b>28.800</b>	<b>1.050</b>

Tabela 3 – Simulação da relação de peças produzidas

Fonte: Próprio autor.

O tempo do *setup* será reduzido, conforme mostrado na figura 8, liberando tempo

adicional dos técnicos de manutenção e processo, para atender outras máquinas e trabalhar em melhorias.

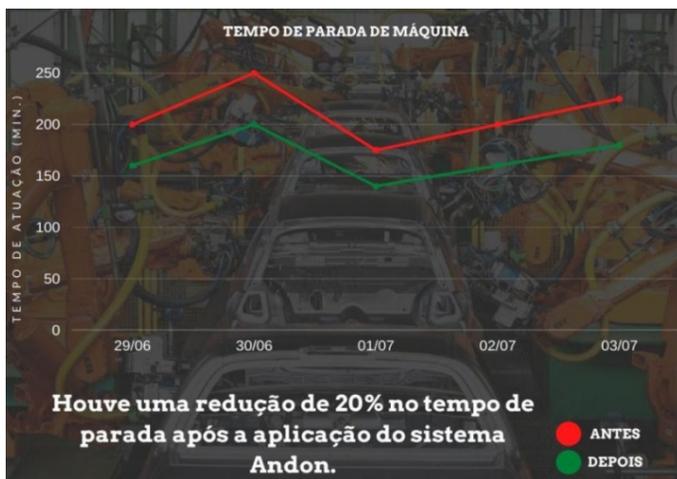


Figura 8 – Tempo de parada de máquina

Fonte: Próprio autor

Finalizando, haverá uma redução de 20% no tempo de parada, por atuações técnicas, implicando em uma melhora considerável da produtividade e disponibilização da mão-de-obra técnica para outras atividades, resultando numa melhora contínua, que sempre auxilia no ganho de *performance* e redução de custos.

## 5 | CONCLUSÃO

A projeto abordou uma questão muito valorizada no ramo empresarial, o aumento da produção através da tecnologia. Observou-se que existia uma deficiência no processo de comunicação entre operador-técnico que infligia no tempo que a máquina ficava sem produzir, desnecessariamente.

O sistema atual se mostrou-se ineficaz quando, além de ter inúmeras paradas para atuações técnicas, ainda havia uma perda significativa no tempo em que o operador procurava o líder, para assim o líder ter que decidir de qual departamento era o problema, para então ir em busca do suporte técnico.

A máquina que mais evidenciou paradas teve uma média de 210 minutos por dia, sendo considerado todo tempo em que o operador levou para sinalizar a parada até o técnico responsável liberar. Com o projeto apresentado, houve uma melhora de 20%, ou seja, passando de 210 para 168 minutos.

Na atualidade, todas as linhas de produção e suas máquinas tem acesso a rede através do cabo *ethernet*, fato esse que torna a aplicação do projeto flexível e de baixo custo.

O SMLP - Sistema de Monitoramento de Linha de Produção - se mostrará muito eficaz quando bem dimensionado, além de ser uma exigência de grandes montadoras, traz diversos benefícios para o setor produtivo.

## REFERÊNCIAS

**ADAMSHUK, S.J.S.L.S. R.** Automação e Instrumentação Industrial com Arduino - Teoria e Projetos.; Editora Saraiva, 06/2015.

**A.P. S.** Indústria 4.0 – Princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial; Editora Saraiva, 2019.

**ENG PROCESS.** (2017). sistema-andon. Fonte: E.P. Automação Industrial. Disponível em: <https://engprocess.com.br/sistema-andon/>

**FRANCO, W.** Não é 1, nem 2, nem 3, então, o que é Indústria 4.0? Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/n%C3%A3o-%C3%A9-1-nem-2-3-ent%C3%A3o-o-que-ind%C3%A9ria-40-william-franco/>

**HELENA, S.J.B.G.R.F.B. S.** Indústria 4.0: conceitos e fundamentosE. Blucher, 2018.

**IANNONE, R.; NEMMI, M. E.** Managing OEE to Optimize Factory Performance. In: SCHIRALDI, M. (Ed.). O. M. Roma: IntechOpen, 2013. p 192-203.

**KAMADA,** (2008), artigo\_36.pdf. Fonte: Lean. Disponível em: [https://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo\\_36.pdf](https://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_36.pdf)

**SILVEIRA, C. B.** (2012). OEE, cálculo de eficiência da planta e integração de sistemas.Fonte:[https://www.citisystems.com.br/oeecalculeficienciaequipamentosintegracaosistemas/#disqus\\_thread](https://www.citisystems.com.br/oeecalculeficienciaequipamentosintegracaosistemas/#disqus_thread).

**S.E. A.** *Introdução às linguagens de programação para CLP*; Ed.Blucher, 2018.

**TEIXEIRA, G.** (2019). ESP32 Tutorial com Primeiros Passos. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/esp32-tutorial-com-primeiros-passos/>.

**TEIXEIRA, G.** (2019). ESP32 WIFI: Comunicação Com A Internet. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/esp32-wifi-comunicacao-com-a-internet/>

**SANTOS, S.** (2020). Telegram: Control ESP32/ESP8266 Outputs (Arduino IDE). Disponível em: <https://randomnerdtutorials.com/telegram-control-esp32-esp8266-nodemcu-outputs>.

# 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

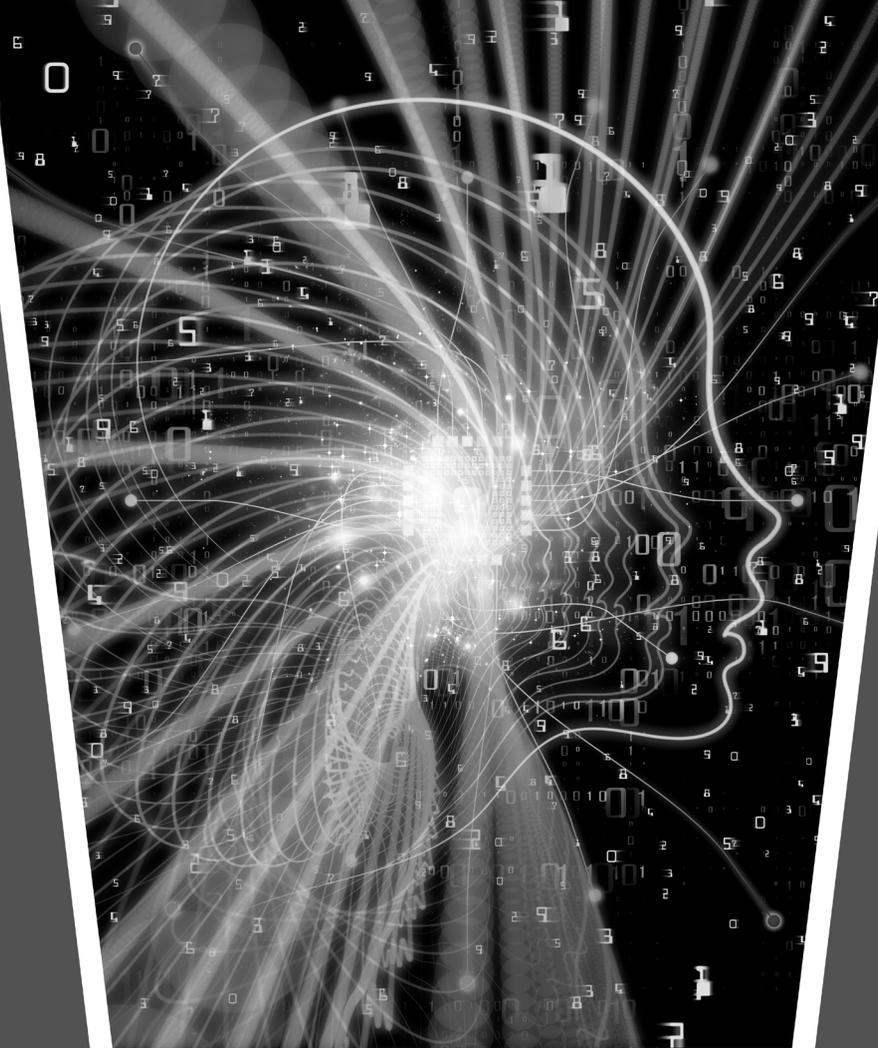
Transformação digital 163

## **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](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



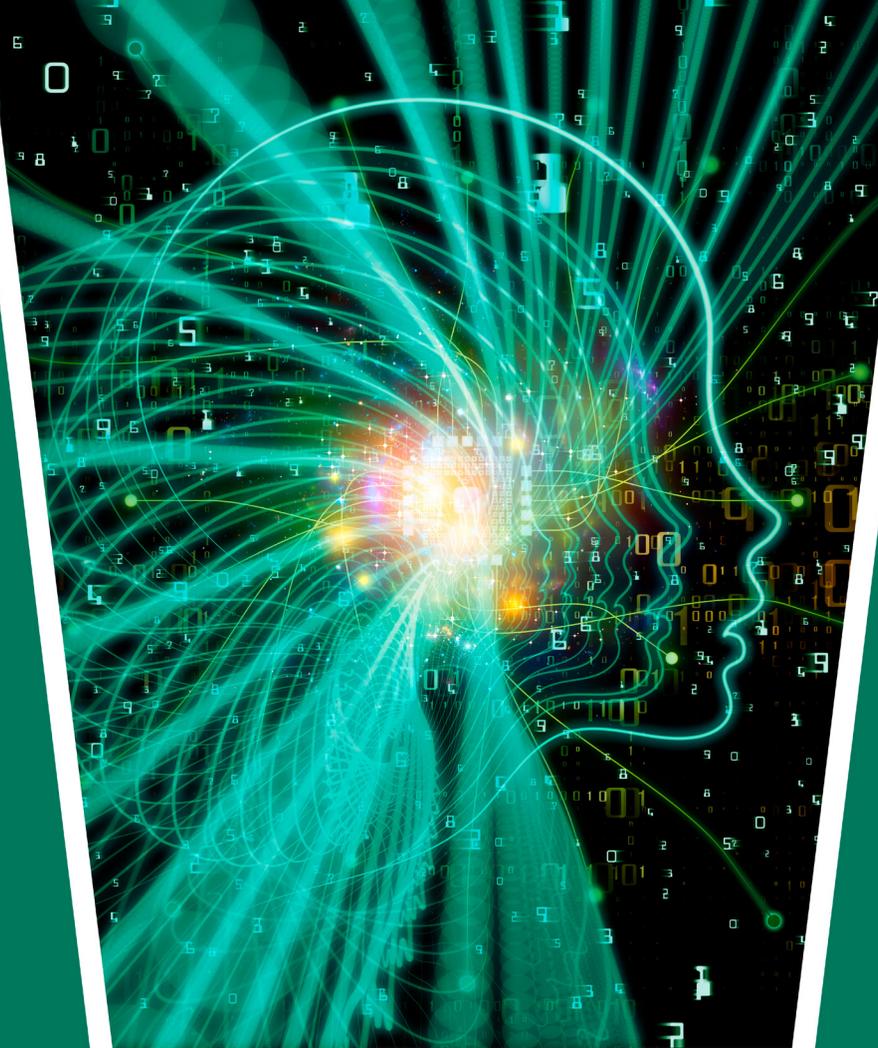
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora

Ano 2021



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

 [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)  
 [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)  
 @arenaeditora  
 [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

  
Editora  
Ano 2021