



# As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)

  
Ano 2021



# As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(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



## As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-769-7

DOI 10.22533/at.ed.697211102

1. Engenharia. I. Tullio, Franciele Braga Machado (Organizador). II. Machado, Lucio Mauro Braga (Organizador). III. 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

## 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 obra “As Engenharias Agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento” contempla vinte capítulos em que os autores abordam suas pesquisas aplicadas nos mais diversos setores da engenharia.

Pesquisas relacionadas a propriedades físico-químicas de materiais e desenvolvimento de novos produtos com a finalidade de aplicar na indústria.

Desenvolvimento de novos materiais e aplicação de inteligência artificial para utilização na medicina também são abordados.

Geração de energia, desenvolvimento de projetos sustentáveis e tratamento de efluentes são assuntos em evidência no meio acadêmico.

Por fim, estudo sobre a gestão de projetos de obras de arte especiais com a finalidade de auxiliar os gestores na tomada de decisões e intervenções nas mesmas.

Esperamos que esta obra promova ao leitor o desejo de desenvolver ainda mais estudos, agregando mais conhecimento em setores de pesquisa e desenvolvimento. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **CONSTRUÇÃO DE IMPELIDORES POR MANUFATURA ADITIVA: UMA METODOLOGIA PARA O ENSINO DE OPERAÇÕES UNITÁRIAS**

Tadeu Henrique Aparecido da Silva

Monica Taís Siqueira D'Amelio

**DOI 10.22533/at.ed.6972111021**

### **CAPÍTULO 2..... 17**

#### **DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ E PERÓXIDO NO ÓLEO DE FRITURA UTILIZADO NO REFEITÓRIO DO IFMT – CAMPUS CONFRESA**

Fábio Gonçalves Marinho

Felipe Gimenes Rodrigues Silva

Ulisses Alberto Rodrigues da Silva

Milton Fantinell Junior

Carlos Bonfim Gonçalves Marinho

Geovana Rodrigues Soares

**DOI 10.22533/at.ed.6972111022**

### **CAPÍTULO 3..... 22**

#### **ESTUDO DA SEDIMENTAÇÃO DESCONTÍNUA DE $\text{CaCO}_3$ E $\text{Ca(OH)}_2$ EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES VISANDO A SEPARAÇÃO DE PARTICULADO**

Dinalva Schein

Carolina Smaniotto Fronza

Gabriela Aline Kroetz Bremm

Isaac dos Santos Nunes

Andréia Monique Lermen

Naiara Jacinta Clerici

Paula Gabriela Dalla Porta

Suelyly Ribeiro Hollas

**DOI 10.22533/at.ed.6972111023**

### **CAPÍTULO 4..... 33**

#### **FUNCIONALIZAÇÃO DO TERPOLÍMERO ACRILONITRILA-BUTADIENO-ESTIRENO COM ANIDRIDO MALEICO – UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Carlos Bruno Barreto Luna

Danilo Diniz Siqueira

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

Edson Antonio dos Santos Filho

Edcleide Maria Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.6972111024**

### **CAPÍTULO 5..... 54**

#### **ANÁLISE DE DESGASTE NAS LASTRINAS DA CAIXA MATRIZ NA INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

Tiago da Silva Fernandes

Anderson Daleffe

**DOI 10.22533/at.ed.6972111025**

**CAPÍTULO 6..... 68**

**ANÁLISE QUÍMICA E ÂNGULO DE CONTATO DE FILMES FORMADOS POR BLENDA DE POLIESTIRENO/POLI(CAPROLACTONA) FOTODEGRADADAS POR LUZ ULTRAVIOLETA**

Catarina Barbosa Levy

Maria Oneide Silva de Moraes

Walter Ricardo Brito

João de Deus Pereira de Moraes Segundo

**DOI 10.22533/at.ed.6972111026**

**CAPÍTULO 7..... 75**

**APLICAÇÃO DE NANOBIMATERIAIS NO TRATAMENTO DE FERIDAS**

Rayanne Cornelio Silva Carvalho

Deuzuita dos Santos Freitas Viana

Vicente Galber Freitas Viana

**DOI 10.22533/at.ed.6972111027**

**CAPÍTULO 8..... 87**

**INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE FERROCARBONILA EM MATERIAIS ABSORVEDORES DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

Cecília Maia Corsato

Nicholas Eras Fonseca

Bruno Ferraz Donati

Gustavo Freitas de Souza

Rademaks Bento de Oliveira

Valdirene Aparecida da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.6972111028**

**CAPÍTULO 9..... 96**

**INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADAS EM COMPÓSITO CONCRETO**

Gabriela T. Santiago

Matheus Vosgnach

Vinicio Ceconello

Edson Francisquetti

Mara Andrade Zeni

**DOI 10.22533/at.ed.6972111029**

**CAPÍTULO 10..... 105**

**ANÁLISE DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO SOLAR DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA LOCALIDADES NO BAIXO TOCANTINS – PA**

Marinaldo de Jesus dos Santos Rodrigues

Silvio Bispo do Vale

Tatiane Perna Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.69721110210**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>117</b>
<b>SIMULAÇÃO ENERGÉTICA PARA RECUPERAÇÃO DE CALOR DO AR EM AGÊNCIAS BANCÁRIAS</b>	
Alexandre Fernandes Santos Jeová Alves Diniz Junior Heraldo José Lopes de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69721110211</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>131</b>
<b>USO DO SISTEMA DX (EXPANSÃO DIRETA) PARA SISTEMAS GEOTÉRMICOS EM CURITIBA</b>	
Alexandre Fernandes Santos Paulo Henrique Colombo Heraldo José Lopes de Souza Fabio Francisco Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69721110212</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>143</b>
<b>MÉTODOS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINA APLICADOS NA CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE APNEIA UTILIZANDO SINAIS DE ELETROCARDIOGRAMA</b>	
João Pedro dos Santos Silva Pedro Henrique dos Santos Almeida Letícia Chaves Lima Cananéa Helder Alves Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69721110213</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>153</b>
<b>ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE CONTROLE VOLUMÉTRICOS E DINÂMICOS EM SISTEMAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS</b>	
Juliana Gomes da Silva Savio Raider Matos Sarkis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69721110214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>173</b>
<b>UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO MULTICRITÉRIO NO PROCESSO DE DECISÃO DE PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AMAZÔNIA AZUL</b>	
Andrezza de Oliveira Agápito Dalessandro Soares Vianna Marcilene de Fátima Dianin Vianna Edwin Benito Mitacc Meza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69721110215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>185</b>
<b>IMPLANTAÇÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM COMPLEXO ALIMENTÍCIO INDUSTRIAL</b>	
Yuri de Oliveira Godoy	



Aldo Muro Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.69721110216**

**CAPÍTULO 17..... 196**

**AVANÇOS PARA MELHORIA DA RESISTÊNCIA À INCRUSTAÇÃO EM MEMBRANAS DE ULTRAFILTRAÇÃO COM POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS OLEOSAS: uma revisão**

Victor José Romão dos Santos

Suellen Cristine Meira

**DOI 10.22533/at.ed.69721110217**

**CAPÍTULO 18..... 211**

**ANÁLISE PROBABILÍSTICA E DETERMINÍSTICA DA ESTABILIDADE DE TALUDES EM BARRAGEM DE TERRA DO ESTADO DO CEARÁ**

Fernando Feitosa Monteiro

Andressa de Araujo Carneiro

Yago Machado Pereira de Matos

Giovanna Monique Alelvan

**DOI 10.22533/at.ed.69721110218**

**CAPÍTULO 19..... 222**

**A GESTÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS MUNICIPAIS: CONCEPÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS APLICADO ÀS PONTES, VIADUTOS E PASSARELAS**

André Felipe Bozio

Vivian da Silva Celestino Reginato

**DOI 10.22533/at.ed.69721110219**

**CAPÍTULO 20..... 240**

**ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS DO PORTO MARAVILHA, RIO DE JANEIRO: TRANSFORMAÇÕES URBANAS**

Amanda Martins Marques da Silva

Gisele Silva Barbosa

Patricia Regina Chaves Drach

Eduardo Praun Machado

Victor Marques Zamith

**DOI 10.22533/at.ed.69721110220**

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 255**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 256**

## ANÁLISE DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO SOLAR DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA LOCALIDADES NO BAIXO TOCANTINS – PA

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

### **Marinaldo de Jesus dos Santos Rodrigues**

Universidade Federal Pará (UFPA), Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE)  
Belém, PA, Brasil  
[orcid.org/0000-0003-2707-9735](https://orcid.org/0000-0003-2707-9735)

### **Silvio Bispo do Vale**

Universidade Federal Pará (UFPA), Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE)  
Belém, PA, Brasil  
<https://lattes.cnpq.br/4884492375891611>

### **Tatiane Perna Rodrigues**

Universidade Federal Pará (UFPA), Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE)  
Belém, PA, Brasil  
<https://lattes.cnpq.br/1572403024575162>

**RESUMO:** A potência entregue por um painel solar depende de vários fatores e um deles é o seu ângulo de inclinação em relação a horizontal. Embora pequenas alterações no ângulo de inclinação possam não causar grande diferença na sua produção diária, mas quando se refere a produção mensal ou anual, mesmo uma pequena diferença na sua inclinação pode resultar em perdas significativas. Este artigo se concentra na análise de otimização do ângulo de inclinação para painéis solares fixos no

Baixo Tocantins - PA (região Norte do Pará). A análise é feita através da variação do ângulo de incidência dos raios solares para aplicação em sistemas fotovoltaicos. Como referência de dados medidos, foi escolhida a cidade de Belém para estimar os dados de irradiância na cidade de Abaetetuba, situadas aproximadamente na linha do equador. O programa foi desenvolvido em Matlab, para realizar os cálculos e traçar os gráficos que servirão de suporte a esta análise.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ângulo de inclinação para painéis solares fixos; aplicação em sistemas fotovoltaicos; Matlab.

### ANALYSIS OF THE SOLAR TILT ANGLE OF PHOTOVOLTAIC PANELS FOR LOCATIONS THE LOW TOCANTINS - PA

**ABSTRACT:** The output of a solar panel depends on various factors and one of them is the tilt angle in relation to horizontal. Though small changes in the tilt angle might not cause a great difference in the output of a panel in its daily production, even a small difference in solar tilt may result in the loss in its daily production, but when referring to monthly or annual production, even a small difference in its slope can result in significant losses. This paper focuses on optimizing the tilt angle for fixed support panels in Baixo Tocantins - PA (Northern Pará). The analysis is done by varying the angle of incidence of the sun's rays for application in photovoltaic systems. As a reference for measured data, the city of Belém was chosen to estimate irradiance data in the city of Abaetetuba were chosen, located approximately on the equator. The program was developed in Matlab, to perform the calculations

and plot the graphs that will support this analysis.

**KEYWORDS:** Tilt angle for fixed solar panels; application in photovoltaic systems; Matlab.

## 1 | INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica (SFV) foi implementada em muitas aplicações devido a luz solar ser abundante, limpa e sustentável (Mas'ud, 2018, Guo et al. 2017). Além disso, os sistemas fotovoltaicos exigem custos de operação e manutenção relativamente baixos (Pilakkat, 2019). Não surpreendentemente, de acordo com as previsões do mercado, a capacidade dos sistemas SFV instalada mundialmente de 520 GW no final de 2018 poderia atingir até 1,4 TW em 2024 (Jäger-Waldau, 2019). De acordo com o relatório anual de 2019 do Programa de Sistemas de Energia Fotovoltaica da Agência Internacional de Energia, o mercado de energia solar foi estabelecido na escala Gigawatt (GW) (IEA, 2019). Em 2018, a capacidade instalada total das usinas fotovoltaicas ultrapassou a marca de 510 GW, economizando cerca de 600 toneladas de emissões de CO<sub>2</sub>.

A produção de energia, através de painéis fotovoltaicos (PFV), tanto de usinas de grande porte com capacidade instalada de dezenas de MWp (mega wattpico), quanto de instalações residenciais de alguns kWp, são influenciados por diversos fatores que prejudicam o desempenho do sistema, tais como localização geográfica, disposição, orientação e inclinação dos PFV (King et al., 2002; Bari, 2000; Bairi, 1990; Lewis, 1985; Tsalides e Thanailakis, 1985). Embora pequenas alterações no ângulo possam não causar grande diferença na sua produção diária, quando se refere a produção mensal ou anual, mesmo uma pequena diferença na sua inclinação pode resultar em perdas significativas (Al Garni et al. 2018).

A instalação adequada de um PFV, através da inclinação e orientação, deve maximizar a irradiação solar recebida (Safitra et al. 2018). Os sistemas de rastreamento que seguem o curso do sol são usados para maximizar a energia solar diária recebida pelos painéis fotovoltaicos (Khan et al. 2018). No entanto, como esses dispositivos são caros e precisam de energia para seu funcionamento, é recomendável encontrar os melhores ângulos de inclinação e orientação. O ângulo de inclinação pode ser corrigido de tempos em tempos, por exemplo, sazonalmente (Benghanem, 2011) desde que a instalação permita essa correção. Geralmente, é recomendado que um sistema FV seja instalado com um ângulo de inclinação igual à latitude do local (Mondol et al., 2007; Tsalides e Thanailakis, 1985). No entanto, alguns locais experimentam um padrão de clima em que o inverno é tipicamente mais nublado que o verão ou a insolação média da manhã e da tarde não é simétrica. A energia máxima disponível pode então ser recebida por uma superfície cujo ângulo de azimute é leste ou oeste do sul (no hemisfério norte). O ângulo de inclinação ideal é, portanto, dependente do local e o cálculo desse ângulo requer dados de radiação solar para esse local específico durante todo o ano. Normalmente, durante o verão, a

insolação do incidente é maximizada para um humor de superfície A inclinação adequada de um sistema fotovoltaico (SFV) é importante porque seus painéis produzirão o máximo de energia quando o sol estiver diretamente perpendicular a eles. Durante o inverno no hemisfério norte, por exemplo, o sol está baixo em relação ao horizonte.

Vários modelos foram propostos para a determinação dos ângulos ótimos de inclinação dos PFV. Embora os modelos usem a mesma técnica de determinação do solo refletido e da radiação do feixe, eles diferem na maneira como convertem o valor do componente difuso de uma superfície horizontal para o de uma superfície inclinada (Benghanem, 2011; Duffe, 1991; Gopinathan, 1991).

Benghanem, 2011 conduziu um estudo de caso para Madinah, Arábia Saudita. Descobriu que o ângulo de inclinação ideal anual era aproximadamente o mesmo da latitude do local. Esse ângulo de inclinação fixo resultou em cerca de 8% de perda de energia coletada em comparação com a energia coletada pela inclinação do PFV mensalmente. Ulgen 2006, relataram variação sazonal do ângulo de inclinação ideal para um coletor solar em Izmir, Turquia. Para os meses de inverno, dezembro, janeiro e fevereiro, o ângulo de inclinação ideal foi de 55,7 °. Para os meses da primavera, março, abril e maio, o ângulo de inclinação ideal era de 18,3 °. Para os meses de verão, junho, julho e agosto, o ângulo de inclinação ideal era 4,3 ° e, finalmente, para os meses do outono, setembro, outubro e novembro, o ângulo de inclinação ideal era 43 °. Beringer et al. 2011 conduziu um estudo de caso experimental do ângulo de inclinação ideal de FV para Hannover, Alemanha. Eles determinaram que havia uma pequena diferença no desempenho das células FV em vários ângulos de inclinação.

Portanto, a orientação e o ângulo de inclinação de um PFV são parâmetros importantes que influenciam a saída do sistema, por isso a importância de um estudo que venha demonstrar qual deve ser a disposição dos PFV no horário de maior pico de energia solar, para assim capturar o maior nível de incidência da radiação no decorrer do ano. Como objetivo deste estudo, o conhecimento da variação da direção da incidência dos raios solares é importante de modo a orientar as instalações dos SFV na localidade do baixo tocantins-PA e assim aumentar o aproveitamento energético do sistema FV.

## 2 | MATERIAS E MÉTODOS

Foi desenvolvido o estudo para a cidade de Abaetetuba-PA a qual está localizada, em linha reta, a 51 km da capital do estado do Pará (Belém), conforme Figura 1, possuindo uma área territorial de aproximadamente 1.610,606 km<sup>2</sup>. Para estimar os dados na superfície horizontal de Abaetetuba utilizou-se o *Software Matlab* implementando as equações descritas a seguir.



Figura 1- Localização de Abaetetuba-PA.

A terra realiza dois movimentos principais que são eles: rotação (em torno do seu eixo) e o movimento de translação (movimento da terra em torno da órbita elíptica). O ângulo de incidência do sol dependerá do horário do dia. Define-se, o ângulo horário ( $\omega$ ) como um desvio angular cujo valor é nulo quando o horário solar local é meio dia. Considerando que a cada hora a Terra gira  $15^\circ$  (equivalente a  $360^\circ/24$ ), então o ângulo horário (dado em graus) é determinado por (Duffe, 1991):

$$\omega = (12 - T) \cdot 15^\circ \quad (1)$$

Onde T é o horário solar no local considerado (T varia entre 0 e 24 horas).

Para os objetivos propostos, é necessário o cálculo da declinação solar ( $\delta$ ) para definir o ângulo que o PFV deve ter no decorrer do ano, pois a inclinação do eixo terrestre influencia no ângulo de zênite ( $\theta_z$ ) em diferentes latitudes, considerando o dia de Equinócio/Solstícios (eventos que estabelecem o início das estações do ano em todos os hemisférios) e o meio-dia solar verdadeiro que é definido como o exato momento da culminação dos raios solares no meridiano do observador. A declinação solar em um dado dia do ano (J), é determinado por:

$$\delta = 23,45^\circ \times \text{sen} \left( \frac{360 \times (J - 80)}{365} \right) \quad (2)$$

Onde  $\delta$  é o valor da declinação solar em graus, e J indica o número de ordem dos dias Julianos. Vale ressaltar que tomando-se fevereiro sempre como 28 dias, acarretando assim em 365 dias no ano. Na Tabela 2 tem-se a média de cada mês e os valores de J.

Meses	Média	Calculo de J	J
Janeiro	17	0	17
Fevereiro	16	31+d	47
Março	16	59+d	75
Abril	15	90+d	105
Mai	15	120+d	135
Junho	11	151+d	162
Julho	17	181+d	198
Agosto	16	212+d	228
Setembro	15	243+d	258
Outubro	15	273+d	288
Novembro	14	304+d	318
Dezembro	10	334+d	344

TABELA 2. Média mensal para valores de J.

A Figura 2 mostra o movimento da Terra em torno do Sol, em uma órbita elíptica cujo período orbital é de 365,256 dias. Como o eixo polar possui uma inclinação de  $23,45^\circ$  em relação a normal do plano da órbita terrestre, à medida que a Terra orbita em torno do Sol, os raios solares incidem mais diretamente em um hemisfério do que no outro.

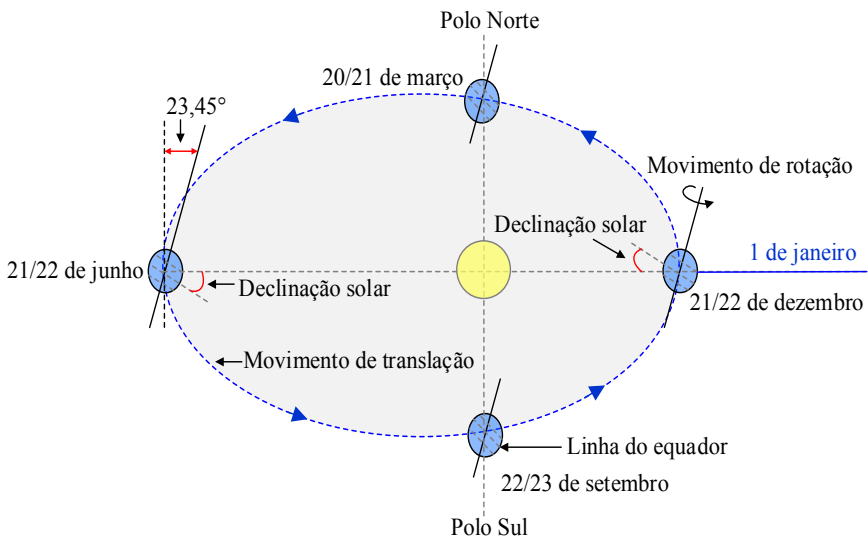


Figura 2- Órbita da Terra em torno do Sol.

Após o cálculo de  $\delta$ , é calculada a altitude solar que é o ângulo entre a direção do



feixe de radiação e a projeção desta mesma direção no plano horizontal. A altitude solar e descrita por:

$$\sin \alpha = \sin \delta' \sin \phi + \cos \delta' \cos \phi' \cos \omega \quad (3)$$

Onde  $\alpha$  é o valor do ângulo da altitude solar, dado em graus. Por fim determinamos o ângulo do azimute ( $\Psi$ ) que é ângulo, medido no plano da superfície da terra, entre a direção do pólo norte e a projeção da trajetória de incidência direta da irradiação solar na superfície terrestre. Este ângulo é positivo se medido no sentido horário a partir do pólo norte. O ângulo de azimute solar é calculado por:

$$\cos \psi = \frac{-\sin \alpha \times \sin \phi + \sin \alpha}{\cos \alpha \times \cos \phi} \quad (4)$$

Onde  $\Psi$  é o ângulo do azimute. O valor de  $\theta_z$  pode também ser obtido a partir de  $\phi$  subtraído de  $\delta$  para o dia do ano. Na verdade,  $\theta_z$  indicará o ângulo ótimo de elevação do PFV, de modo que os raios solares incidam perpendicularmente ao plano do mesmo. Assim tem-se que:

$$\theta_z = \phi - \alpha \quad (5)$$

Portanto, o ângulo  $\theta_z$  é influenciado tanto pela latitude terrestre da localização geográfica, quanto pela época do ano, devido à variação da projeção da inclinação do eixo terrestre na direção do sol ao longo do ano. A Figura 3 mostra a tela do programa e a saída dos dados necessários a análise. Assim, foram gerados gráficos que demonstram qual a variação do ângulo da altitude solar versus ângulo azimutal ao longo do dia, para as cidades consideradas.

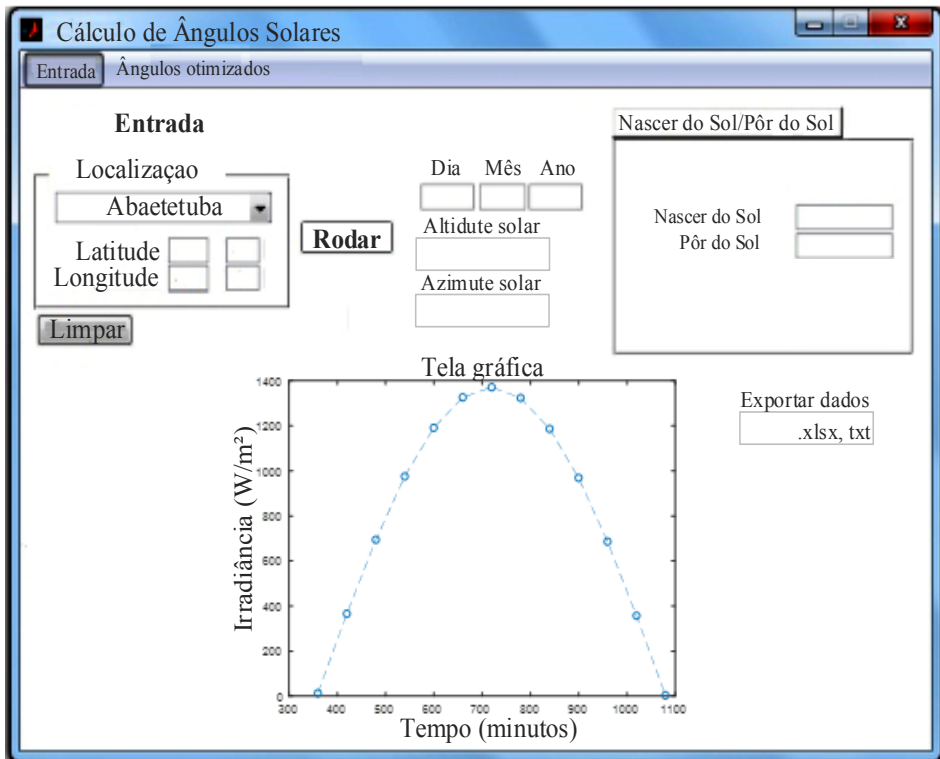


Figura 3 – Tela gráfica do programa desenvolvido e sua saída de dados.

### 3 | ANÁLISE DE RESULTADOS

Inicia-se com a simulação da irradiância para a média mensal (ver Tabela 2) e compara-se com dados reais medidos. Evidentemente, não incluímos o efeito da irradiância difusa já que não é o objetivo do estudo. A partir dessa análise encontra-se o ângulo da altura máxima do sol para cada média mensal e seus respectivos horários que ocorrem. Por fim, a analisa-se o ângulo de inclinação ótima de cada media mensal e sugere-se uma inclinação média anual para a cidade em estudo. A Figura 4 mostra a representação de uma carta solar para cidade de Abaetetuba para a média mensal em uma superfície voltada para o norte geografico obtida usando modelo descrito na seção tal.

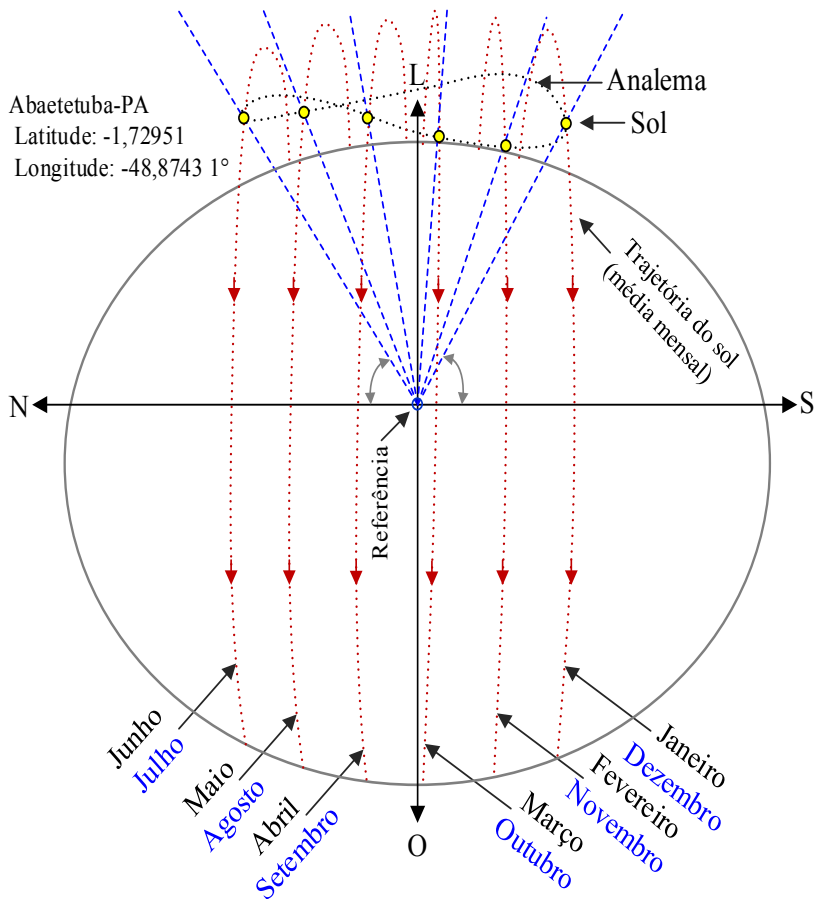


Figura 4 – Representação de uma carta solar para a cidade de Abaetetuba-PA

Na Figura 4 pode-se observar a trajetória média mensal do nascer (leste) ao por do sol (oeste), também é possível observar a trajetória do sol no céu no decorrer de um ano através do analema. A reta tracejada em azul descreve o ângulo entre a máxima altura solar e um ponto de referência na horizontal (eixo norte-sul) são menores que  $90^\circ$  nos meses de junho, julho, janeiro e dezembro. Em contrapartida os ângulos que mais se aproximam de  $90^\circ$  são os meses de março, abril, setembro e outubro. Isso significa que na horizontal, esses meses do ano, na cidade de Abaetetuba, são os melhores para captação da energia solar. Por outro lado, os meses de junho, julho, janeiro e dezembro são os piores.

Na Figura 5 mostra-se os dados de irradiância diários medidos dos meses de janeiro, fevereiro e agosto. Como pode-se observar a simulação não leva em consideração o efeito da irradiação difusa. Foram simuladas situações de dias típicos, isto é, pouco ou nenhuma passagem de nuvens no céu, o que não é verdade, porém, nota-se que a simulação representa de maneira geral

Vale resaltar que os dados medidos são para a cidade de belém-PA, distante ...

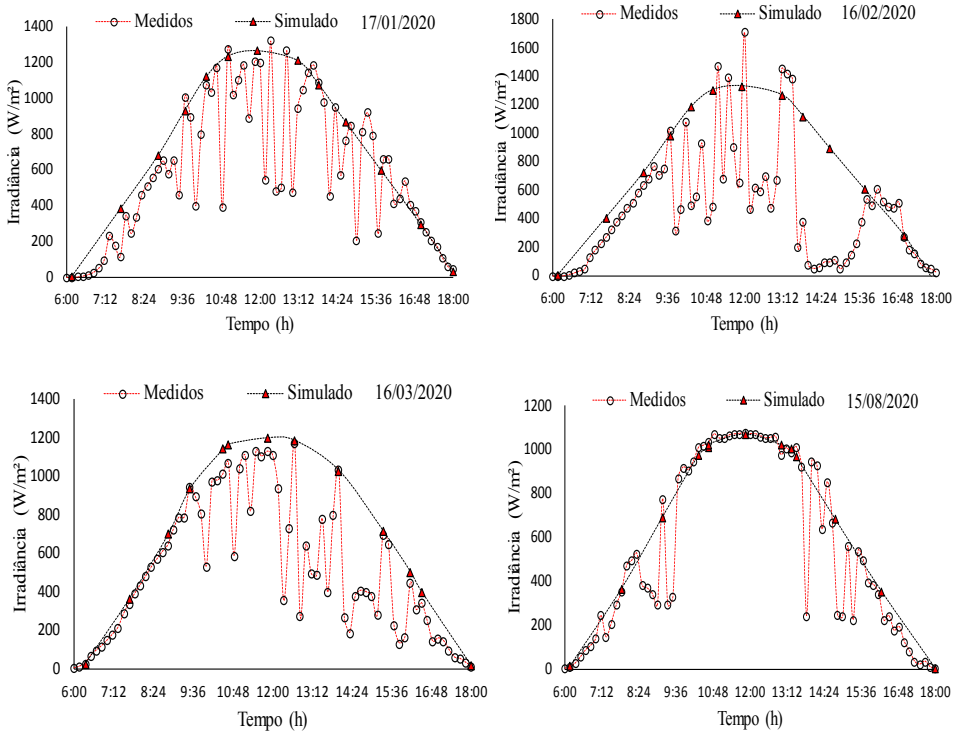


Figura 5– Comparação entre dados medidos de irradiância e simulados

A partir desses dados foi possível analisar a altura solar para cada média diária mensal. A Figura 6 mostra os resultados obtidos. Como pode-se observar o mês que mais se aproxima dos 90° é o mês de março seguido de setembro e outubro. Em contrapartida os piores meses são junho e julho.

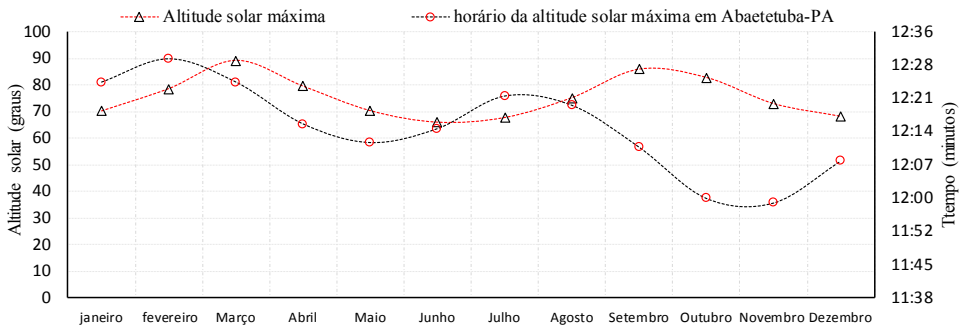


Figura 6– Representação dos ângulos ótimos para a cidade de Abaetetuba-PA

Assim um ângulo ótimo para instalações FV, na cidade de Abaetetuba-PA, de acordo com cada mês é observado na Figura 7.

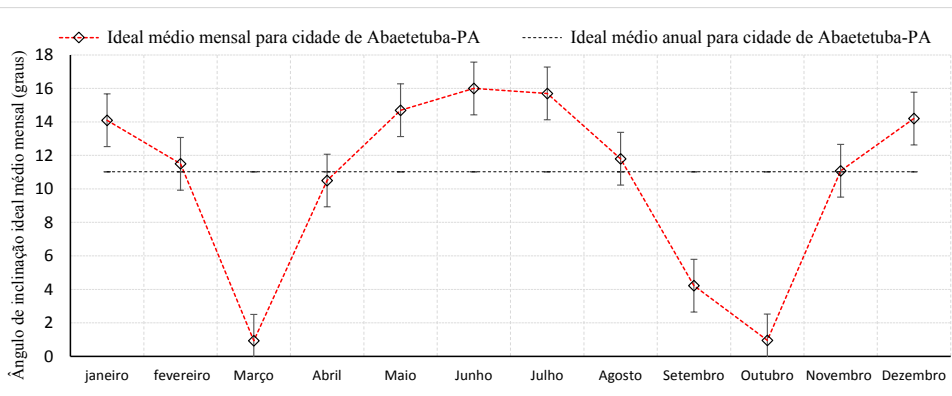


Figura 7– Ângulo de inclinação da superfície do dispositivo fotovoltaico ideal mensal, maximizando a insolação incidente.

Meses	Ângulo de inclinação da superfície		
	Mínimo (graus)	Máximo (graus)	Média (graus)
Janeiro	11,5	14,1	
Fevereiro	0,932	11,5	
Março	0,932	10,5	
Abril	10,5	14,7	10,47
Mai	10,7	16	
Junho	15,7	16	
Julho	11,8	15,7	
Agosto	4,22	11,8	
Setembro	0,95	4,22	
Outubro	0,95	11,08	
Novembro	11,08	14,2	
Dezembro	11,05	14,2	

TABLE 2. Variação do ângulo ideal para o aproveitamento máximo da energia solar em Abaetetuba-PA

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi elaborado um programa que possibilita calcular o ângulo ótimo de inclinação dos PFV e a direção de incidência dos raios solares como uma média mensal para a cidade de Abaetetuba, localizada no baixo tocantins no estado do Pará, para qualquer dia

do ano, em qualquer horário do dia, de modo que esta informação possa servir de suporte para instaladores de sistemas PFV. Foi encontrado ângulo ótimo para cada mês, bem como um ângulo ótimo para um ano (10,47°). Os parâmetros calculados a partir desses dados e que se mostraram suficientes a esta análise foram os ângulos de azimute e de altitude solar. Para validar a aplicabilidade do programa, foram extraídos dados da incidência de radiação da cidade de Belém-PA. Através de uma análise qualitativa dos resultados, podem ser aplicados tanto no planejamento da instalação de PFV. Como trabalho futuro, almeja-se estender o programa desenvolvido para calcular a variação de sombras provocadas por construções e obstáculos em um dado local, a partir de um modelo gráfico do mesmo, e assim estimar as regiões que estarão livres de sombras durante o ano inteiro e aptas para a instalação FV.

## REFERÊNCIAS

Al Garni, H. Z., Awasthi, A., & Wright, D. **Optimal orientation angles for maximizing energy yield for solar PV in Saudi Arabia**. *Renewable Energy* 2018. <https://doi:10.1016/j.renene.2018.10.048>

Bairi, A. **Method of quick determination of the angle of slope and the orientation of solar collectors without a sun tracking system**. *Sol. Wind Technol.* 1990, 7, 327–330. [https://doi:10.1016/0741-983x\(90\)90104-a](https://doi:10.1016/0741-983x(90)90104-a)

Bari, S. **Optimum slope angle and orientation of solar collectors for different periods of possible utilization**. *Energy Convers. Manag.* 2000, 41, 855–860. [https://doi:10.1016/S0196-8904\(99\)00154-5](https://doi:10.1016/S0196-8904(99)00154-5)

Benghanem, M. **Optimization of tilt angle for solar panel: Case study for Madinah, Saudi Arabia**. *Appl. Energy* 2011, 88, 1427–1433. <https://doi:10.1016/j.apenergy.2010.10.001>

Beringer, S.; Schilke, H.; Lohse, I.; Seckmeyer, G. **Case study showing that the tilt angle of photovoltaic plants is nearly irrelevant**. *Sol. Energy* 2011, 85, 470–476. <https://doi:10.1016/j.solener.2010.12.014>

Duffe, J.; Beckman, W. **Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd ed.**; John Wiley and Sons: New York, NY, USA, 1991.

Gopinathan, K.K. **Solar radiation on variously oriented sloping surfaces**. *Sol. Energy* 1991, 47, 173–179. [https://doi:10.1016/0038-092x\(91\)90076-9](https://doi:10.1016/0038-092x(91)90076-9)

Guo, M., Zang, H., Gao, S., Chen, T., Xiao, J., Cheng, L., Sun, G. **Optimal Tilt Angle and Orientation of Photovoltaic Modules Using HS Algorithm in Different Climates of China**. *Applied Sciences* 2017, 7(10), 1028. <https://doi:10.3390/app7101028>

Jäger-Waldau, A., 2019. PV Status Report 2019, EUR 29938 EN, **Publications Office of the European Union**, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-12608-9. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118058>



Khan, R. A., Mahmood, M. R., & Haque, A. **Enhanced energy extraction in an open loop single-axis solar tracking PV system with optimized tracker rotation about tilted axis.** Journal of Renewable and Sustainable Energy 2018, 10 (4), 045301. <https://doi:10.1063/1.4999201>

King, D. L., Boyson, W. E., & Kratochvil, J. A. **Analysis of factors influencing the annual energy production of photovoltaic systems.** Conference Record of the Twenty-Ninth IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2002., New Orleans, LA, USA, 2002, pp. 1356-1361. <https://doi:10.1109/PVSC.2002.1190861>

Lewis, G. **Optimum tilt of a solar collector.** Solar & Wind Technology. Solar & Wind Technology 1985, 17, 407–410. [https://doi:10.1016/0741-983x\(87\)90073-7](https://doi:10.1016/0741-983x(87)90073-7)

Mas'ud, A., Wirba, A., Alshammari, S., Muhammad-Sukki, F., Abdullahi, M., Albarracín, R., & Hoq, M. **Solar Energy Potentials and Benefits in the Gulf Cooperation Council Countries: A Review of Substantial Issues.** Energies 2018, 11(2), 372. <https://doi:10.3390/en11020372>

Mondol, J.D.; Yohanis, Y.G.; Norton, B. **The impact of array inclination and orientation on the performance of a grid-connected photovoltaic system.** Renew. Energy 2007, 32, 118–140. <https://doi:10.1016/j.renene.2006.05.006>

Pilakkat, D.; kanthalakshmi, S., 2019. **An improved P&O algorithm integrated with artificial bee colony for photovoltaic systems under partial shading conditions.** Solar Energy. Volume 178, 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.12.008>

PVPS 2019 **Snapshot of Global PV Markets - Report IEA T1-35:2019.** IEA International Energy Agency. ISBN 978-3-906042-83-1 :2019 Snapshot of Global PV Markets, pp. 1-19. <http://www.iea pvps.org/index.php?id=363>

Safitra, A. G., Sholihah, F. H., & Fauziyyah, I. N. **Experimental study of slope angle and low E glazing effects on photovoltaic module.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2018, 105, 012027. <https://doi:10.1088/1755-1315/105/1/012027>

Tsalides, P., & Thanailakis, A. **Direct computation of the array optimum tilt angle in constant-tilt photovoltaic systems.** Sol. Cells 1985, 14, 83–94. [https://doi:10.1016/0379-6787\(85\)90008-0](https://doi:10.1016/0379-6787(85)90008-0)

Ulgen, K. **Optimum tilt angle for solar collectors.** Energy Sour. Part A Recovery Util. Environ. E. 2006, 28, 1171–1180. <https://doi:10.1080/00908310600584524>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

ABS 7, 12, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Agitação 1, 2, 4, 6, 7, 8, 12, 14, 15, 20, 69, 203, 204, 207

Ângulo de inclinação 105, 106, 107, 111, 114

Anidrido maleico 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Aspersão térmica 54, 58, 59, 61, 62, 64, 65, 66

### B

Banda larga 87, 94, 95

Blenda PS/PCL 68

### C

Cicatrização 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

Concreto 96, 97, 98, 100, 103, 104, 136, 226, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 237, 238, 239

Construção civil 96, 97, 103

### D

Desgaste abrasivo 54, 58, 59, 60, 63, 65, 66

### E

Ensino 1, 6, 8, 10, 21, 255

### F

Feridas 75, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Ferrocarbonila 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Filme fino 68

Fotodegradação UV 68

### I

Impressão 3D 1, 15

Índice de acidez 17, 18, 19, 20, 21

Índice de peróxido 17, 19, 20, 21

### M

Materiais absorvedores de radiação eletromagnética 87, 88, 95

Matlab 105, 106, 107

Mecanismo de reação 33, 35, 39

Medicina regenerativa 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84

Mistura 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 15, 34, 37, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 51, 69, 97, 99, 203, 204

Modificação química 33, 38, 39, 40, 41, 46

## **N**

Nanobiomateriais 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84

## **O**

Óleo de soja 17, 19, 21

Operação unitária 2, 23

## **P**

Painéis solares fixos 105

Polipropileno 96, 97, 99, 104

## **R**

Reciclagem 96, 97, 186, 189, 192, 194

Refletividade 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95

Reutilização 17, 18, 19, 96, 186, 189, 191, 194

Revestimentos cerâmicos 54, 55, 56, 60, 67

## **S**

Sedimentação 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Separação de partículas 22, 23

Sistemas fotovoltaicos 105, 106

Suspensão 4, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 32, 203, 204

## **T**

Teste de proveta 22, 23, 24

# As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

[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

# As Engenharias agregando Conhecimento em Setores Emergentes de Pesquisa e Desenvolvimento

[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