



# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**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 Cremona

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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª 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  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

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

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

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

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

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª 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  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal 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. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª 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  
Profª 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  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. 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  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª 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  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª 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  
Profª 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  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª 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

## Projeto, análise e otimização na área das engenharias

**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  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

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

P964 Projeto, análise e otimização na área das engenharias /  
Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-696-6

DOI 10.22533/at.ed.966210601

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz  
(Organizador). II. 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

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril. Destaca-se ainda a apresentação das áreas da engenharia e elétrica e eletrônica, com a busca da redução de custos e automação de processos.

Da ênfase em alguns trabalhos voltados a realizar um levantamento econômico dos de processos e o estudo das áreas térmicas.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE MICROCONTROLADORES NA AUTOMAÇÃO DE SHOPPING CENTER**

Rafael Jacinto dos Santos  
Guilherme Henrique Ferreira Neves  
Luiz Felipe Costa Rosa  
Washington Junio Ferreira Resende

**DOI 10.22533/at.ed.9662106011**

### **CAPÍTULO 2..... 8**

#### **ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS INVERSORES DE TRÊS NÍVEIS NPC E PONTE H**

Kennedy Ricardo da Silva  
Abinadabe Silva Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.9662106012**

### **CAPÍTULO 3..... 20**

#### **VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS POR LUMINÁRIAS LED NO SETOR INDUSTRIAL**

Bruno Sousa de Castro  
Antonio Manoel Batista da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.9662106013**

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### **PROJETO PARA ELABORAÇÃO DE UMA PEN PLOTTER**

Rafael Ferreira da Silva  
Welton Abreu Rosa  
Luciana Paro Scarin Freitas  
Jorge Luis Ribeiro dos Santos Júnior  
Luís Henrique Chouay Dall’Agnese  
Grégori da Cruz Balestra

**DOI 10.22533/at.ed.9662106014**

### **CAPÍTULO 5..... 40**

#### **DEPRECIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS USANDO OS MÉTODOS LINHA, COLE, PERCENTAGEM CONSTANTE E CAIRES**

Adalberto Gomes de Miranda  
Jonhunny Jeyson da Costa Gandra  
Adailza Aparício de Miranda  
Steven Frederick Durrant  
José Costa de Macêdo Neto  
Adailson Aparício de Miranda

**DOI 10.22533/at.ed.9662106015**

### **CAPÍTULO 6..... 56**

#### **ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELA FALTA DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO CUSTO DA EXECUÇÃO DE UMA CRECHE TIPO 1 PADRÃO FNDE EM**

## CARUARU-PE

Matheus Henrique Pacheco Bezerra  
Maria Victória Leal de Almeida Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.9662106016**

## **CAPÍTULO 7..... 70**

### **ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES ARRASTADORES NA MISTURA AZEOTRÓPICA ÁGUA/1-PROPANOL POR MEIO DO XSEOS**

Erich Potrich  
Larissa Souza Amaral

**DOI 10.22533/at.ed.9662106017**

## **CAPÍTULO 8..... 78**

### **PROJETO DE ELEMENTOS FINITOS: FLEXÃO EM BARRAS COM DIFERENTES MATERIAIS**

Gabriel Brandão Santos  
Gleudson Silva Figueiredo  
Jullyane Milena Silva de Figueiredo

**DOI 10.22533/at.ed.9662106018**

## **CAPÍTULO 9..... 93**

### **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE COMPÓSITO DE MATRIZ DE GESSO REFORÇADO COM CAPIM**

Diogo Antonio Correa Gomes  
Eduardo Hélio de Novais Miranda  
Gustavo Monteiro Costa Sbampato Resende  
Henrique Andrade Alvarenga Barbosa  
Márcia Aparecida Imaculada de Oliveira  
Mariane Duarte Resende  
Thaiane Oliveira Marcelino

**DOI 10.22533/at.ed.9662106019**

## **CAPÍTULO 10..... 100**

### **PROJETO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO MECÂNICA DE UM GUINCHO DE IÇAMENTO PARA LOCOMOÇÃO DE CARGAS**

Antonio Rodrigues Freitas de Carvalho  
Diógenes Linard Aquino Freitas  
Eduardo Ataíde de Oliveira  
Jardielson José da Costa Almeida  
Lucas Filipe de Vasconcelos

**DOI 10.22533/at.ed.96621060110**

## **CAPÍTULO 11..... 113**

### **PROJETO E CONSTRUÇÃO DE REFRIGERADOR PORTÁTIL BASEADO NO EFEITO PELTIER**

Bruno Almeida Miranda Silva  
Vitor Alves Pimenta  
Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060111

**CAPÍTULO 12..... 124**

PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO TERMO-HIDRÁULICO DE NANOFLUIDOS NA REFRIGERAÇÃO DE REATORES NUCLEARES À ÁGUA LEVE

Alexandre Melo de Oliveira

Amir Zacarias Mesquita

Isabela Carolina Reis

DOI 10.22533/at.ed.96621060112

**CAPÍTULO 13..... 131**

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO ESCOAMENTO DE AR EM DIFUSORES PARA APLICAÇÃO NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Silmara Bispo dos Santos

Rodrigo Sabino Pereira

Francisco Carlos Lima de Souza

Keteri Poliane Moraes de Oliveira

Edson Godoy

DOI 10.22533/at.ed.96621060113

**CAPÍTULO 14..... 144**

FATORES DE EQUILÍBRIO E DOSES EM MINAS SUBTERRÂNEAS BRASILEIRAS

Talita de Oliveira Santos

Zildete Rocha

Paulo Cruz

Vandir de Azevedo Gouvea

Flávia Luiza Soares Borges

João Batista de Siqueira

Laura Cardoso Takahashi

DOI 10.22533/at.ed.96621060114

**CAPÍTULO 15..... 152**

PHYSICAL DISTRIBUTION AND RADIOLOGICAL CONTRAST OF CEMENTS IMPLANTED *IN VITRO* VERTEBRAE

Carlos Julio Montañó Valencia

Sonia Seger Pereira Mercedes

Luciana Batista Nogueira

Tarcísio Passos Ribeiro de Campos

DOI 10.22533/at.ed.96621060115

**CAPÍTULO 16..... 160**

PROJETO DE UM PADRÃO UNIVERSAL DE BAIXO CUSTO PARA CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E INSPEÇÃO DE SOLDAGEM

Monalisa Pereira Silva

Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060116

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>170</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>171</b>

## ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES ARRASTADORES NA MISTURA AZEOTRÓPICA ÁGUA/1-PROPANOL POR MEIO DO XSEOS

Data de aceite: 04/01/2021

**Erich Potrich**

Universidade do Estado do Amapá (UEAP)  
Macapá – AP

**Larissa Souza Amaral**

Universidade de São Paulo (USP)  
São Carlos – SP  
<http://lattes.cnpq.br/2125269475429446>  
<https://orcid.org/0000-0003-3796-0032>

**RESUMO:** Azeotropia é um problema recorrente na indústria para a obtenção de substâncias mais puras e/ou concentradas. A mistura líquido-líquido binária de água e 1-propanol apresenta um ponto de azeotropia quando a mistura contém cerca de 42% molar de 1-propanol à 1 atm. Uma maneira de contornar esse problema é a adição de um agente arrastador que altera as interações moleculares e muda o azeótropo. Este trabalho avalia os efeitos de 24 diferentes compostos arrastadores na mistura água e 1-propanol quanto ao rendimento da destilação. A adição de um arrastador na mistura possibilita uma separação mais eficiente, principalmente se formar um ponto de azeotropia heterogênea ternária. O efeito desse arrastador foi determinado pelo método de contribuição de grupos UNIFAC, utilizando-se da abordagem computacional do XSEOS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arrastador, Azeotropia, Equilíbrio Líquido-Líquido, Mistura água/1-propanol, XSEOS.

**ABSTRACT:** Azeotropy is a recurring problem

in the industry for obtaining purer and/or concentrated substances. The binary liquid-liquid mixture of water and 1-propanol shows an azeotropy point when the mixture contains about 42 % molar of 1-propanol at 1 atm. One way around this problem is to add an entraining agent that alters molecular interactions and changes the azeotrope. This work evaluates the effects of 24 different entraining compounds in the water and 1-propanol mixture in terms of distillation yield. The addition of an entrainer in the mixture allows for a more efficient separation, especially if a heterogeneous ternary azeotropy point is formed. The effect of this entrainer was determined by the UNIFAC group contribution method, using the XSEOS computational approach.

**KEYWORDS:** Entrainer, Azeotropy, Liquid-Liquid Equilibrium, Water/1-propanol mixture, XSEOS.

### INTRODUÇÃO

Destilação azeotrópica heterogênea é um processo largamente praticado para a desidratação de uma vasta gama de materiais, incluindo ácido acético, clorofórmio, etanol, e muitos álcoois superiores. Segundo Benedict e Rubin (1945), o princípio da destilação azeotrópica consiste em adicionar uma nova substância (arrastador) a uma mistura, de maneira a aumentar a volatilidade relativa dos dois componentes chaves e tornar, assim, relativamente fácil a separação. A substância adicionada forma um azeótropo com um ou mais dos constituintes da mistura e, em

consequência, está presente na maioria dos pratos da coluna em concentração apreciável.

Dadas as não idealidades, a divisão de fases, os limites de destilação presentes, e à possível existência de múltiplos estados estacionários em tal sistema, colunas como estas podem ser extremamente difíceis para simular e para operar. Uma abordagem computacional para o problema pode poupar muitas dores de cabeça (TAYLOR e KRISHNA, 2000).

Dentre das várias abordagens computacionais possíveis, destaca-se o XSEOS, devido ao seu baixo gasto computacional e sua fácil instalação. O XSEOS é um add-in gratuito para Excel para o cálculo de propriedades termodinâmicas. Com mais de 22.000 linhas de comando, cobre várias áreas da Termodinâmica da Engenharia Química. A sua utilização e funcionamento foi descrito por Castier (2008).

Dos vários modelos termodinâmicos que o XSEOS calcula, o UNIFAC é um dos métodos mais utilizados. O método UNIFAC supõe que a mistura líquida é uma solução das unidades estruturais (denominadas grupos e subgrupos) que constituem as moléculas em vez de considerá-las como uma mistura das próprias moléculas. Desta maneira, as propriedades de uma mistura podem ser representadas pela soma das contribuições individuais de cada um dos grupos que compõem a mesma (DONG *et al.*, 2020).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Um ponto de azeotropia ocorre quando a fração molar da fase líquida ( $X_i$ ) é igual a fração molar da fase vapor ( $Y_i$ ). O equilíbrio líquido-vapor da mistura 1-propanol e água, inclusive seu ponto de azeotropia, está representado na Figura 1. Um esquema de separação por coluna destilação e decantadores entre água e 1-propanol por meio do arrastador éter di-isopropílico está representado na Figura 2.

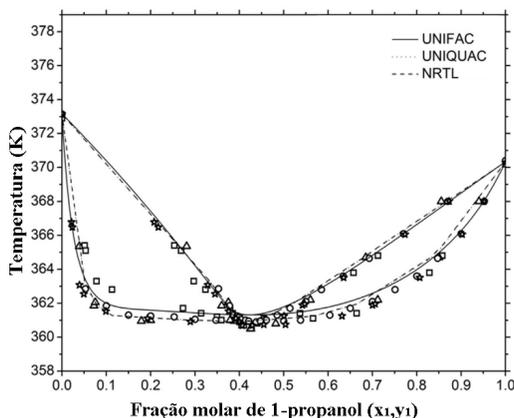


Figura 1. Equilíbrio líquido-vapor da mistura 1-propanol e água à 1 atm.

Fonte: Adaptado de Devi *et al.* (2017).



Onde:  $P$  é a pressão total do sistema,  $\gamma_i^{alfa}$  é o coeficiente de atividade de  $i$  na fase líquida alfa,  $P_i^{sat}$  é a pressão de saturação de  $i$  na temperatura do sistema e  $\gamma_i^{beta}$  é o coeficiente de atividade de  $i$  na fase líquida beta. Os coeficientes de atividade foram calculados utilizando o modelo UNIFAC. As pressões de saturação foram calculadas de acordo com as equações presentes no software DIADEM.

$$P_{sat} = \exp\left(A + \frac{B}{T} + C \cdot \ln T + DT^E\right) \quad (4)$$

Onde a temperatura ( $T$ ) é dada em Kelvin (K) e  $P_{sat}$  é dada em Pascal (Pa). As constantes  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  e  $E$  variam para cada substância e foram retiradas da base de dados do DIADEM.

Para que todas as condições citadas acima fossem satisfeitas, a minimização da seguinte função objetivo foi realizada no programa Excel para Windows, utilizando a ferramenta "Solver":

$$FO = Erro1 + Erro2 + Erro3 \quad (5)$$

Sendo:

$$Erro1 = \sum_{i=1}^{NC} (X_i - y_i)^2 \quad (6)$$

$$Erro2 = \sum_{i=1}^{NC} \left( X_i \cdot Ml - (x_i^{alfa} \cdot Ml^{alfa} + x_i^{beta} \cdot Ml^{beta}) \right)^2 \quad (7)$$

$$Erro3 = \sum_{i=1}^{NC} \left( x_i^{alfa} \cdot \gamma_i^{alfa} - x_i^{beta} \cdot \gamma_i^{beta} \right)^2 \quad (8)$$

Onde FO é a função objetivo, Erro1 é o erro associado à condição de azeotropia, Erro2 é o erro associado a condição de conservação de número de moles das fases líquidas e Erro3 é o erro associado à condição de equilíbrio entre as duas fases líquidas.

Durante o processo de minimização, as frações molares gerais da fase líquida, as frações molares de cada fase líquida, o número de mols da fase alfa, e a temperatura do sistema foram considerados as variáveis de decisão (ou seja, foram as variáveis ajustadas para minimizar a função objetivo). As frações molares da fase vapor e o número de mols da fase líquida beta foram calculados da seguinte forma:

$$y_i = \frac{x_i^{alfa} \cdot \gamma_i^{alfa} \cdot P_i^{sat}}{P} \quad (9)$$

$$Ml^{beta} = 1 - Ml^{alfa} \quad (10)$$

O valor de 1 na equação acima foi a base de cálculo escolhida para o número total

de moles nas fases líquidas.

É necessário, primeiramente, o teste da metodologia em vários equilíbrios azeotropos ternários, os dados encontrados na literatura foram do equilíbrio água-propanol-arrastador. Na Tabela 1 temos os dados retirados de Dimian *et al.* (2004) para 11 diferentes arrastadores.

Arrastador	Azeótropo heterogêneo ternário			Temperatura do azeótropo (°C)
	Água	1-Propanol	Arrastador	
Hexano	0,1900	0,0940	0,7160	59,23
Heptano	0,3810	0,2100	0,4090	75,30
Octano	0,4850	0,2910	0,2240	81,40
Nonano	0,5655	0,3170	0,1175	85,40
2,2,4-trimetilpentano	0,4400	0,2080	0,3520	73,89
1-hexeno	0,0570	0,1530	0,7900	57,07
1-hepteno	0,3330	0,1910	0,4760	73,34
1-octeno	0,4610	0,2880	0,2510	81,57
Ciclohexano	0,2936	0,1036	0,6028	66,55
Ciclohexeno	0,2890	0,1150	0,5960	68,50
1,3-Ciclo-hexadieno	0,2730	0,1040	0,6230	67,75

Tabela 1. Dados experimentais retidos da literatura das frações molares dos equilíbrios ternários Água+1-Propanol+Arrastador.

Fonte: Baseado em Dimian *et al.* (2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2 é apresentado os dados calculados utilizando-se do XSEOS para os mesmos 11 arrastadores da Tabela 1.

Arrastador	Azeótropo heterogêneo ternário (% Erro)			Temperatura do azeótropo (°C)
	Água	1-Propanol	Arrastador	
Hexano	0,1873 (1,42%)	0,1008 (7,23%)	0,7119 (0,57%)	59,92 (1,16%)
Heptano	0,3584 (5,93%)	0,2015 (4,05%)	0,4400 (7,58%)	74,65 (0,86%)
Octano	0,4805 (0,93%)	0,2886 (0,82%)	0,2308 (3,04%)	82,11 (0,87%)
Nonano	0,5449 (3,64%)	0,3440 (8,52%)	0,1111 (5,45%)	85,59 (0,22%)

2,2,4-trimetilpentano	0,3543 (19,48%)	0,2063 (0,82%)	0,4394 (24,83%)	74,53 (0,87%)
1-hexeno	0,1662 (191,58%)	0,0826 (46,01%)	0,7512 (4,91%)	57,00 (0,12%)
1-hepteno	0,3393 (1,89%)	0,1872 (1,99%)	0,4735 (0,53%)	73,26 (0,11%)
1-octeno	0,4704 (2,04%)	0,2768 (3,89%)	0,2528 (0,72%)	81,45 (0,15%)
Ciclohexano	0,2566 (12,60%)	0,1343 (29,63%)	0,6091 (1,05%)	66,72 (0,26%)
Ciclohexeno	0,2746 (4,98%)	0,1400 (21,74%)	0,5853 (1,80%)	68,15 (0,51%)
1,3-Ciclo-hexadieno	0,2634 (3,52%)	0,1328 (27,69%)	0,6038 (3,08%)	67,16 (0,87%)
Média ± DP	22,55±56,34	13,85±15,12	4,87±7,01	0,55±0,39

Tabela 2. Valores calculados pelo XSEOS das frações molares dos equilíbrios ternários Água+1-Propanol+Arrastador.

Com base nos dados da Tabela 1, foi calculado o erro relativo de cada mistura ternária na Tabela 2, em que os valores dos erros estão entre parênteses. Além disso, calculou-se o desvio padrão (DP) dos erros. Apesar do 1-hexeno apresentar um alto erro relativo, ele apresenta um baixo erro absoluto. Além de que essa porcentagem mais elevada de erro se deve por o valor real se aproximar de zero, sendo que todo denominador que tende o valor para zero faz elevar o valor da divisão. Devido aos baixos valores dos erros, comprovou-se a eficiência da metodologia.

Estimou-se os valores das composições globais e a temperatura do ponto azeotrópico para 24 diferentes arrastadores alcanos e alcenos, determinando se há ou não azeotropia e qual seria o tipo, se binária ou ternária. Os valores estimados estão na tabela 3.

Arrastador	Azeótropo heterogêneo ternário			Temperatura do azeótropo (°C)	Tipo de Azeotropia
	Água	1-Propanol	Arrastador		
Etano	0,0001	0,0002	0,9998	-88,63	Nenhuma
Propano	0,0003	0,0003	0,9994	-41,96	Nenhuma
Butano	0,0003	0,0003	0,9994	-0,25	Nenhuma
Isobutano	0,0035	0,0022	0,9943	-11,70	Nenhuma
Pentano	0,0538	0,0228	0,9234	34,62	Ternária
Isopentano	0,0432	0,0136	0,9432	26,73	Ternária
2-metilpentano	0,3166	0,0003	0,6832	44,50	Binária
3-metilpentano	0,3340	0,0003	0,6657	46,07	Binária

2-metilhexano	0,4892	0,0000	0,5108	58,52	Binária
3-metilhexano	0,4980	0,0000	0,5020	59,29	Binária
Decano	0,7893	0,0000	0,2107	80,35	Binária
1-propeno	0,0006	0,0002	0,9992	-47,59	Nenhuma
1-buteno	0,0145	0,0002	0,9853	-6,39	Binária
1-penteno	0,1342	0,0003	0,8656	26,70	Binária
1-noneno	0,7308	0,0004	0,2688	76,72	Binária
1-deceno	0,9819	0,0003	0,0178	60,75	Binária
Ciclopropano	0,0005	0,0003	0,9991	-32,66	Nenhuma
Ciclobutano	0,0146	0,0048	0,9806	12,44	Binária
Ciclopentano	0,0967	0,0423	0,8610	45,72	Ternária
Cicloheptano	0,0000	0,6362	0,3638	92,09	Binária
Ciclooctano	0,0060	0,8899	0,1041	97,02	Binária
Ciclopenteno	0,0822	0,0319	0,8859	42,04	Ternária
Ciclohepteno	0,4445	0,2524	0,3031	79,93	Ternária
Cicloocteno	0,5779	0,4215	0,0005	88,24	Binária

Tabela 3. Valores estimados via XSEOS das frações molares dos equilíbrios ternários Água+1-Propanol+Arrastador.

Na Tabela 3 pode-se ver que dos 24 arrastadores: 6 não apresentam nenhuma azeotropia, 13 apresentam azeotropia binária e 5 apresentam azeotropia ternária.

## CONCLUSÕES

A ferramenta XSEOS se mostra de fácil implementação e de baixa demanda computacional. Além disso, a metodologia aqui empregada se mostrou uma ferramenta útil na estimativa de equilíbrios azeotrópicos não disponíveis na literatura ou de difícil obtenção experimental, devido a ser uma ferramenta gratuita e os seus resultados serem próximos dos da literatura.

## REFERÊNCIAS

BENEDICT, M.; RUBIN, L.C. **Extractive and azeotropic distillation**. Transactions of the American Institute of Chemical Engineers, v. 41 p. 353, 1945.

CASTIER, M. **XSEOS: an Open Software for Chemical Engineering Thermodynamics**. Chemical Engineering Education, v. 42(2), p. 74-81, 2008.

DEVI, V.K.P.J.; SAI, P.S.T.; BALAKRISHNAN, A.R. **Heterogeneous azeotropic distillation for the separation of n-propanol + water mixture using n-propyl acetate as entrainer.** Fluid Phase Equilibria, v. 447, p. 1-11, 2017.

DIMIAN, A.C.; OMOTA, F.; BLIEK, A. **Entrainer-Enhanced Reactive Distillation.** Chemical Engineering and Processing, v. 43, p. 411-420, 2004.

DONG, Y.; GUO, Y.; ZHU, R.; ZHANG, J.; LEI, Z. **UNIFAC Model for Ionic Liquids. 2. Revision and Extension.** Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 59, p. 10172-10184, 2020.

PLA-FRANCO, J.; LLADOSA, E.; LORAS, S.; MONTÓN, J.B. **Azeotropic distillation for 1-propanol dehydration with diisopropyl ether as entrainer: Equilibrium data and process simulation.** Separation and Purification Technology, v. 212, p. 692-698, 2019

TAYLOR, R.; KRISHNA, R. **Review: modelling reactive distillation.** Chemical Engineering Science, v.55, p.5183-5229, 2000.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ansys 78, 79, 86, 91, 92, 135

Arduino 1, 2, 3, 7, 37

Arrastador 70, 71, 72, 74, 75, 76

Automação 1, 2, 6, 7, 35

Azeotropia 70, 71, 73, 75, 76

### B

Barras 36, 78, 79, 83

Bim 56, 57, 58, 68, 69

### C

Calibração 160, 161, 162, 167, 168, 169

Cimento ósseo 152

CNC 34, 35, 39

Contraste radiológico 152

Custos 6, 28, 30, 31, 32, 57, 134, 139, 168

### D

Depreciação 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 52, 53, 54, 55

Difusores 131, 132, 134, 138, 139

Dinâmica dos fluidos 132

### E

Eficiência 8, 10, 13, 15, 18, 19, 21, 23, 75, 92, 114, 118, 119, 121, 124, 125, 131

Elementos finitos 78, 79, 90, 91

Equilíbrio 9, 10, 70, 71, 72, 73, 74, 80, 82, 104, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Equipamentos 2, 8, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 57, 100, 101, 105, 112, 114, 122, 125, 160, 161, 162, 168

### F

Fator de equilíbrio 144, 145, 146, 147, 148, 149

Fibras vegetais 94

Flexão 78, 79, 80, 81, 82, 83, 93, 94, 97, 98, 100, 105, 109, 110, 111

Flexão estática 93, 94, 97, 98

## **G**

Guincho 100, 101

## **H**

Hidroxiapatita 152

## **I**

Iluminação 1, 2, 4, 6, 20, 21, 26, 28, 30, 31, 32, 33

Incompatibilidade 56, 57, 61, 62, 63, 68

Industrial 7, 18, 19, 20, 21, 23, 32, 33, 77, 113, 143

Inspeção de solda 160, 167

Inversor multinível 8, 10

## **L**

Led 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33

## **M**

Máquinas 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 100, 101, 111, 112

Métodos de avaliações 41

Mistura 70, 71, 72, 75, 147

## **O**

Obra pública 56, 57

## **P**

Peltier 113, 114, 122, 123

PenPlotter 34, 35, 38, 39

Periférico 1

Potência eólica 132, 133, 138, 139

Precisão 34, 35, 78, 79, 92, 96, 120

Projeto 2, 6, 25, 26, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 68, 78, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 121, 123, 134, 147, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169

Prototipagem 3D 113

## **Q**

Qualidade de energia 8, 10, 13

## **S**

Sistema 1, 2, 4, 5, 6, 21, 22, 35, 37, 39, 58, 65, 66, 68, 71, 73, 80, 87, 94, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 112, 114, 115, 116, 120, 121, 133, 149, 152, 169

Sistema de transmissão 100, 102, 103, 112

Soldagem 160, 162, 164, 165, 167, 168, 169, 170

Sustentabilidade 8, 21, 94

## **T**

Transferência de calor 113, 123, 124, 125, 126, 127, 128

## **V**

Valor residual 40, 42, 43, 44, 53, 55

Viabilidade 20, 21, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 128, 131, 169

## **X**

XSEOS 70, 71, 74, 75, 76

# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

[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) 

# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

[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) 