

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2



ERNANE ROSA MARTINS  
(ORGANIZADOR)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2**



**ERNANE ROSA MARTINS**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes editoriais**

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da capa**

iStock

**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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
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  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
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  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Rio de Janeiro  
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. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federac 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª 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. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
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  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Ernane Rosa Martins

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

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de computação 2 / Organizador Ernane Rosa Martins. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-384-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.849211808>

1. Engenharia da computação. I. Martins, Ernane Rosa (Organizador). II. Título.

CDD 621.39

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

A Engenharia de Computação é a área que estuda as técnicas, métodos e ferramentas matemáticas, físicas e computacionais para o desenvolvimento de circuitos, dispositivos e sistemas. Esta área tem a matemática e a computação como seus principais pilares. O foco está no desenvolvimento de soluções que envolvam tanto aspectos relacionados ao software, quanto à elétrica/eletrônica. Os profissionais desta área são capazes de atuar principalmente na integração entre software e hardware, tais como: automação industrial e residencial, sistemas embarcados, sistemas paralelos e distribuídos, arquitetura de computadores, robótica, comunicação de dados e processamento digital de sinais.

Dentro deste contexto, esta obra aborda diversos aspectos tecnológicos computacionais, tais como: implementação e modificações numéricas a serem feitas no algoritmo de Anderson (2010) para simular o escoamento sobre uma asa finita submetida a ângulos de ataque próximos ao estol; modelo distribuído para analisar a influência da formação e do adensamento de geadas sobre o desempenho de evaporadores do tipo tubo-aletado, comumente usados em refrigeradores frost-free; um algoritmo de Redes Neurais Convolucionais (CNN) que identifica se a pessoa está ou não utilizando a máscara; potencialidades do M-Learning e Virtual Reality no curso técnico em Agropecuária; avaliação da qualidade da energia elétrica em um sistema de geração de energia fotovoltaica; uma abordagem para a segmentação de imagens cerebrais, utilizando o método baseado em algoritmos genéticos pelo método de múltiplos limiares; estudo numérico de uma âncora torpedo sem aletas cravada em solo isotrópico puramente coesivo, utilizando um modelo axissimétrico não-linear em elementos finitos; estudo acerca da análise numérica de placas retangulares por meio do método das diferenças finitas, obtendo soluções aproximadas para o campo de deslocamentos transversais bem como os correspondentes momentos fletores, para problemas envolvendo uma série de condições de contorno, utilizando-se o software Matlab® para simulação; desenvolvimento e aplicação da Realidade Virtual (RV) como Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) para auxiliar no processo de ensino-aprendizado de disciplinas do Ensino Médio; avaliação dos resultados obtidos em campanhas de medição de qualidade da energia elétrica (QEE) na rede básica em 500 kV; examinar o comportamento mecânico-estático de uma longarina compósita projetada para uma aeronave esportiva leve através de investigações numéricas, empreendidas em software (ANSYS Release 19.2) comercial de elementos finitos; construção de um sistema para monitoramento de ativos públicos; a relação da Sociedade 5.0 envolvida no contexto da Indústria 4.0 e a Transformação Digital; algoritmos de seleção e de classificação de atributos, identificando as vinte principais características que contribuem para o desempenho alto ou baixo dos estudantes; a Mask R-CNN, utilizada para a segmentação de produtos automotivos (parabrisas, faróis, lanternas, para-choques e retrovisores) em uma empresa do ramo de reposição automotiva; o nível de usabilidade do aplicativo protótipo

para dispositivo móvel na área da saúde voltado ao auxílio do monitoramento móvel no uso de medicamentos em seres humanos.

Sendo assim, esta obra é significativa por ser composta por uma gama de trabalhos pertinentes, que permitem aos seus leitores, analisar e discutir diversos assuntos importantes desta área. Por fim, desejamos aos autores, nossos mais sinceros agradecimentos pelas significativas contribuições, e aos nossos leitores, desejamos uma proveitosa leitura, repleta de boas reflexões.

Ernane Rosa Martins


## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **NONLINEAR LIFTING LINE IMPLEMENTATION AND VALIDATION FOR AERODYNAMICS AND STABILITY ANALYSIS**

André Rezende Dessimoni Carvalho

Pedro Paulo de Carvalho Brito


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118081>

### **CAPÍTULO 2..... 11**

#### **INFLUÊNCIA DA FORMAÇÃO DE GEADA EM EVAPORADORES DE TUBO ALETADO USANDO UM MODELO DISTRIBUÍDO**

Caio Cezar Neves Pimenta

André Luiz Seixlack

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118082>

### **CAPÍTULO 3..... 24**


#### **INFLUÊNCIA DO NÚMERO DE SEÇÕES DE CONECTORES NA EFICIÊNCIA DA RUPTURA POR SEÇÃO LÍQUIDA EM CANTONEIRA DE CHAPA DOBRADA**

Jéssica Ferreira Borges

Luciano Mendes Bezerra

Francisco Evangelista Jr

Valdeir Francisco de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118083>


### **CAPÍTULO 4..... 37**

#### **INFORMATION THEORY BASED STOCHASTIC HETEROGENEOS MULSTISCALE**

Ianyqui Falcão Costa

Liliane de Allan Fonseca

Ézio da Rocha Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118084>

### **CAPÍTULO 5..... 59**

#### **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA IDENTIFICAR O USO DE MÁSCARA NA PREVENÇÃO DA COVID-19**

Roberson Carlos das Graças

Edyene Cely Amaro Oliveira

Guilherme Ribeiro Brandao


Igor Siqueira da Silva

Samara de Jesus Duarte

Samara Lana da Rocha

Hermes Francisco da Cruz Oliveira


Guilherme Henrique Chaves Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118085>

**CAPÍTULO 6..... 67**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO MECÂNICO DE PLACAS A PARTIR DE MÉTODOS APROXIMADOS**


Gabriel de Bessa Spínola  
Edmilson Lira Madureira  
Eduardo Morais de Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118086>

**CAPÍTULO 7..... 85**

**M-LEARNING E VIRTUAL REALITY NO ENSINO TÉCNICO DE AGROPECUÁRIA**


Gabriel Pinheiro Compto  
Jeconias Ferreira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118087>

**CAPÍTULO 8..... 95**

**MODELLING AND ANALYSIS OF AEROBOAT JAHU**


João B. de Aguiar  
Júlio C.S. Sousa  
José M. de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118088>

**CAPÍTULO 9..... 113**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ENERGIA EM SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA - ANÁLISE DAS CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE TENSÃO E CORRENTE E CARACTERÍSTICAS DE INJEÇÃO DE HARMÔNICOS DOS SISTEMAS DE BAIXA, MÉDIA E ALTA TENSÃO**


Nelson Clodoaldo de Jesus  
João Roberto Cogo  
Luiz Marlus Duarte  
Jesus Daniel de Oliveira  
Luis Fernando Ribeiro Ferreira  
Éverson Júnior de Mendonça  
Leandro Martins Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8492118089>

**CAPÍTULO 10..... 127**

**OTIMIZAÇÃO MULTI-LIMAR PARA SEGMENTAÇÃO DE MRI POR ALGORÍTIMO GENÉTICO**

Tiago Santos Ferreira  
Paulo Fernandes da Silva Júnior  
Ewaldo Eder Carvalho Santana  
Mauro Sérgio Silva Pinto  
Jayne Muniz Fernandes  
Ana Flávia Chaves Uchôa  
Jarbas Pinto Monteiro Guedes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180810>

**CAPÍTULO 11..... 138**

**ANÁLISE NUMÉRICA DA CAPACIDADE DE CARGA DE ÂNCORAS TORPEDO CONSIDERANDO EFEITOS DE SETUP**

Guilherme Kronemberger Lopes

José Renato Mendes de Sousa

Gilberto Bruno Ellwanger


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180811>

**CAPÍTULO 12..... 156**

**ANÁLISE NUMÉRICA DE PLACAS EM ESTRUTURAS AEROESPACIAIS POR DIFERENÇAS FINITAS**

Júlio César Fiorin

Reyolando Manoel Lopes Rebello da Fonseca Brasil

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180812>

**CAPÍTULO 13..... 172**


**NUMERICAL SIMULATION OF LABYRINTH SEALS FOR PULSED COMPRESSION REACTORS (PCR)**

Hermann Enrique Alcázar Rojas

Briam Rudy Velasquez Coila

Arioston Araújo de Moraes Júnior

Leopoldo Oswaldo Alcázar Rojas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180813>

**CAPÍTULO 14..... 183**

**PRÁTICAS E CONTROLE DA CORRUPÇÃO NO MERCADO SEGURADOR: UMA PROPOSTA DE DADOS PARA SISTEMAS DE CONTROLE E COMPLIANCE**

Lucas Cristiano Ferreira Alves

Melissa Mourão Amaral

Liza Dantas Noguchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180814>


**CAPÍTULO 15..... 198**

**PREDICTING EFFECTIVE CONSTITUTIVE CONSTANTS FOR WOVEN-FIBRE COMPOSITE MATERIALS**

Jonas Tieppo da Rocha

Tales de Vargas Lisbôa

Rogério José Marczak

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180815>


**CAPÍTULO 16..... 210**

**PREVENTING SPURIOUS ARTIFACTS WITH CONSISTENT INTERPOLATION OF PROPERTIES BETWEEN CELL CENTERS AND VERTICES IN TWO-DIMENSIONAL RECTILINEAR GRIDS**

Alexandre Antonio de Oliveira Lopes

Flávio Pereira Nascimento

Francisco Ismael Pinillos Nieto  
Túlio Ligneul Santos  
Alberto Barbosa Júnior  
Luca Pallozzi Lavorante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180816>

**CAPÍTULO 17..... 230**

**REALIDADE VIRTUAL APLICADA COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO ENSINO**

Simone Silva Frutuoso de Souza  
Everton Welter Correia  
Gabrielly Chiquezi Falcão  
Leonardo Plaster Silva  
Érica Baleroni Pacheco  
Fábio Roberto Chavarette  
Fernando Parra dos Anjos Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180817>

**CAPÍTULO 18..... 245**

**RESULTADOS DE CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE QUALIDADE DA ENERGIA EM SISTEMAS COM COMPENSADORES ESTÁTICOS DE REATIVOS - ANÁLISE DO IMPACTO DE OUTROS AGENTES NA AMPLIFICAÇÃO DE HARMÔNICOS EM SISTEMA DE 500 kV**


Nelson Clodoaldo de Jesus  
João Roberto Cogo  
Luis Fernando Ribeiro Ferreira  
Luiz Marlus Duarte  
Éverson Júnior de Mendonça  
Leandro Martins Fernandes  
Jesus Daniel de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180818>

**CAPÍTULO 19..... 258**

**SIMPLIFIED NUMERICAL MODEL FOR ANALYSIS OF STEEL-CONCRETE COMPOSITE BEAMS WITH PARTIAL INTERACTION**

Samuel Louzada Simões  
Tawany Aparecida de Carvalho  
Ígor José Mendes Lemes  
Rafael Cesário Barros  
Ricardo Azoubel da Mota Silveira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180819>

**CAPÍTULO 20..... 266**

**SIMULAÇÃO DE UMA LONGARINA COMPÓSITA DE UMA AERONAVE ESPORTIVA LEVE**

Felipe Silva Lima  
Álvaro Barbosa da Rocha  
Daniel Sarmento dos Santos

Wanderley Ferreira de Amorim Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180820>

**CAPÍTULO 21.....279**

**SISTEMA RFID PARA CONTROLE DE ATIVOS PÚBLICOS**

João Felipe Fonseca Nascimento

Jislane Silva Santos de Menezes

Jean Louis Silva Santos

Jennysson D. dos Santos Júnior

Luccas Ribeiro Cruz

Jean Carlos Menezes Oliveira

João Marcos Andrade Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180821>

**CAPÍTULO 22.....292**

**SISTEMAS ESTRUTURAIS CONVENCIONAIS E SISTEMAS DE LAJES LISAS EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO**

Pablo Juan Lopes e Silva Santos


Carlos Henrique Leal Viana

Sávio Torres Melo

Rebeka Manuela Lobo Sousa

Tiago Monteiro de Carvalho

Thiago Rodrigues Piauilino Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180822>

**CAPÍTULO 23.....303**

**SOCIEDADE 5.0 CORRELACIONADA COM A INDÚSTRIA 4.0 E A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL**

Pablo Fernando Lopes

Thiago Silva Souza

Fernando Hadad Zaidan

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180823>

**CAPÍTULO 24.....313**

**TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO DE BARRAS QUEBRADAS EM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO SEM CARGA POR MEIO DA TRANSFORMADA WAVELET**

Carlos Eduardo Nascimento

Cesar da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180824>

**CAPÍTULO 25.....332**





**UNCERTAINTY QUANTIFICATION OF FRACTURE POTENTIAL AT CONCRETE-ROCK INTERFACE**

Mariana de Alvarenga Silva

Francisco Evangelista Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180825>



<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>342</b>
<b>USANDO MINERAÇÃO DE DADOS PARA IDENTIFICAR FATORES MAIS IMPORTANTES DO ENEM DOS ÚLTIMOS 22 ANOS</b>	
Jacinto José Franco	
Fernanda Luzia de Almeida Miranda	
Davi Stiegler	
Felipe Rodrigues Dantas	
Jacques Duílio Brancher	
Tiago do Carmo Nogueira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180826">https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180826</a>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>355</b>
<b>ARTIFICIAL INTELLIGENCE USAGE FOR IDENTIFYING AUTOMOTIVE PRODUCTS</b>	
Leandro Moreira Gonzaga	
Gustavo Maia de Almeida	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180827">https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180827</a>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>366</b>
<b>UTILIZAÇÃO DE APLICATIVO PARA DISPOSITIVO MÓVEL PARA ADMINISTRAÇÃO DE MEDICAMENTOS</b>	
Luísa de Castro Guterres	
Allan Rafael da Silva Lima	
Wender Antônio da Silva	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180828">https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180828</a>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>399</b>
<b>VIBRATIONS ANALYSIS UNCOUPLED AND COUPLED FLUID-STRUCTURE BETWEEN SHELL AND ACOUSTIC CAVITY CYLINDRICAL FOR VARIOUS BOUNDARY CONDITIONS</b>	
Davidson de Oliveira França Júnior	
Lineu José Pedroso	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180829">https://doi.org/10.22533/at.ed.84921180829</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>410</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>411</b>

## PREDICTING EFFECTIVE CONSTITUTIVE CONSTANTS FOR WOVEN-FIBRE COMPOSITE MATERIALS

*Data de aceite:* 02/08/2021

*Data de submissão:* 06/05/2021

### **Jonas Tieppo da Rocha**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
Departamento de Engenharia Mecânica,  
Porto Alegre, Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/1870373075054314>

### **Tales de Vargas Lisbôa**

Departamento de Mecânica e Materiais  
Compósitos, Instituto Leibniz de Pesquisa de  
Polímeros,  
Alemanha, Dresden  
<http://lattes.cnpq.br/4912297259321602>

### **Rogério José Marczak**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
Departamento de Engenharia Mecânica,  
Porto Alegre, Rio Grande do Sul,  
<http://lattes.cnpq.br/5773989861369461>

**ABSTRACT:** A meso-scaled finite element model is developed aiming at the study the mechanical properties of woven- fibre composites regarding different weave pattern. A Representative Volume Element (RVE) is constructed and the Uniform Displacement Boundary Conditions (UDBC) are applied in order to obtain the stiffness tensor of such composites. Two different types of woven-fibre composites are evaluated by the introduced model - E- glass/Vinylester plain-weave and 2/2 Twill E-glass/Epoxy. The results from computational homogenization are compared to both experimental and numerical works from

literature, showing good agreement. It is verified that the boundary conditions applied to the RVE play a significant role in the homogenization results.

**KEYWORDS:** Woven composites, Computational homogenization, Finite Element Method, Heterogeneous structures.

### PREDIÇÃO DAS PROPRIEDADES ELÁSTICAS EFETIVAS PARA MATÉRIAS DE FIBRA TECIDA

**RESUMO:** Um modelo de elementos finitos em mesoescala é desenvolvido com o objetivo investigar as propriedades mecânicas de compósitos de fibra tecida em relação a diferentes padrões de trama. Constrói-se um Elemento de Volume Representativo (RVE) e as Condições de Contorno de Deslocamento Uniforme (UDBC) são aplicadas, obtendo-se o tensor de rigidez dos compósitos estudados. Dois tipos diferentes de compósitos de fibra tecida serão avaliados pelo modelo introduzido: E-glass / Vinylester padrão simples, e E-glass / Epoxy padrão sarja. Os resultados da homogeneização computacional serão comparados com trabalhos experimentais e numéricos da literatura, em que se notará congruência nos valores obtidos. Verificar-se-á a influência das condições de contorno nos resultados de homogeneização.

**PALAVRAS - CHAVE:** Compósitos tecidos, Homogeneização computacional, Método dos Elementos Finitos, Estruturas heterogêneas.

## 1 | INTRODUCTION

The woven-fibre modelling, aiming at mechanical properties, can be divided in two main approaches: numerical methods and analytical solutions. Regarding to analytical solutions, Ishikawa (1981) and Ishikawa and Chou (1982a) proposed the one-dimensional Mosaic Model, the first well-known solution for woven-fiber composites, primarily for satin weaves and hybrid composites. The Mosaic Model treats the woven either as a parallel or serial asymmetric cross-ply laminates assemblage. It leads to upper and lower bounds of stiffness matrix. This first approach has the disadvantage of neglecting interweaving effects, as the undulation of warp and fill strands is not modelled. With Fiber Undulation Model, Ishikawa e Chou (1982b) overcame this Mosaic Model disadvantage. This last model was idealized to predict plain-weave composites, being an extension of Mosaic Model.

Further developments were made by Sankar and Marrey (1997) who presented the Selective Averaging Method (SAM), which dealt with three-dimensional and two-dimensional textile composites and proposed a formulation to estimate stiffness and thermal expansion coefficients. Three-dimensional composites were divided into three microstructure levels: unit cell, slice and element, which correspond, respectively, to macro, meso and micro stiffness. In order to obtain the coefficients of the stiffness tensor, it is assumed macro uniform strain states in the entire domain - six states in total, encompassing each strain alone. This macro strain state is assumed to be approximately equal in meso and micro scales, permitting an easy integration of the stiffness between micro and meso-scales. Later, the meso scale slices are averaged assuming an isotress condition. Finally, the macrostresses are averaged in the volume, what lets to express each column of the stiffness matrix in terms of meso and micro strains. In case of two-dimensional composites, the textile composite is divided into repeating cells in in-plane directions, being modelled as an homogeneous Kirchoff's plate in macro-scale. The procedure to estimate the plate stiffness coefficients is analogous to the three-dimensional case.

Scida et al. (1998) presented a model based in Classical Laminate Theory to predict mechanical properties of woven- fibre composites (hybrid and non-hybrid). This model, called MESOTEX (Mechanical Simulation of Textile), treats the woven composite as a combination of two homogeneous phases: orthotropic strands and isotropic matrix. The undulation of strands are geometrically described by sinusoidal functions, while in other parts the path are considered straight. Similar approach was done by ming Huang (2000), who proposed a method to estimate mechanical properties for woven and braid composites. In it, the composite was divided into subelements and it was applied an isostrain condition in each division so as to obtain their stiffness. The subelements corresponded to four layered unidirectional composites, with two inner layers being the homogenized strands, and the two outer layers matrix. Later, in order to assemble the subelements, isotress condition is applied.

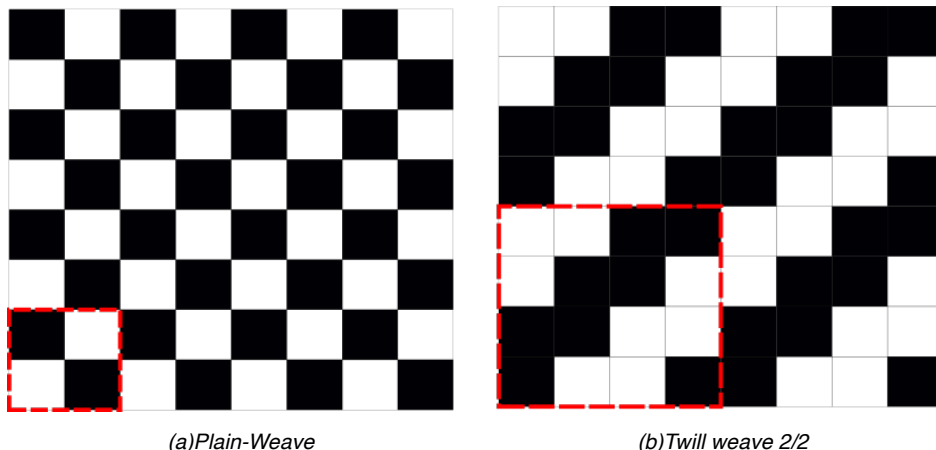
The analytical models are really useful for a fast estimation of the (homogenised) mechanical properties. However, numerical models can evaluate stresses distributions along the geometry, therefore giving insights about the mechanical performance of the composite. One of the most important aspects of this approach is the correct modeling of the composite geometry. Barbero et al. (2006) used photomicrograph measurements to model geometry correctly. The photomicrograph data was fitted with sinusoidal functions, and finally the geometry was totally built in a commercial CAD. Although such type of approach is valid, some composite-specialized software were developed in the recent years. Verpoest and Lomov (2005) developed WiseTex, an software able to calculate 2D and 3D composites, which composite geometry is described by analytical models. Furthermore, Lin et al. (2011) presented TexGen, an open-source composite modelling software. TexGen can model 2D and 3D woven fabrics, as well any user-defined geometry, as the software accepts Python scripts to define the geometry paths.

In this article, TexGen will be used to model the geometry of woven-fibre composites, with data available in Scida et al. (1999). Two woven-fibre classes will be treated - E-glass/vynilester plain-weave and E-glass/Epoxy 2/2 Twill- weave. The homogenization is performed by choosing a set of boundary conditions that respect the Hill's Energy Condition. Hence, Uniform Displacement Boundary Conditions (UDBC) are applied, which leads to a linear system that allows the complete determination of the homogenized stiffness matrix of the woven-fibre composite.

## **2 | 3D FINITE ELEMENT MODELING OF RVE**

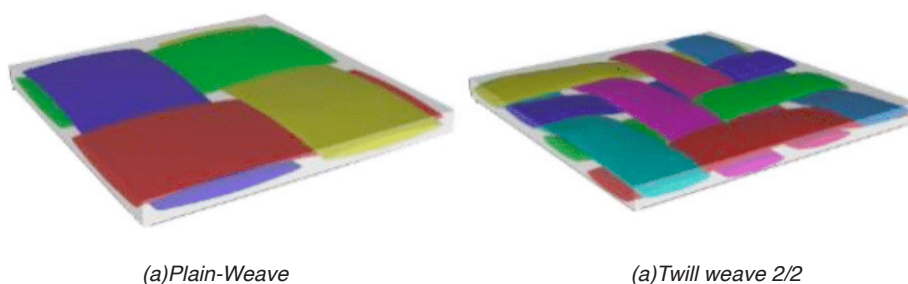
### **2.1 Geometric Modelling**

Woven-fibre composites geometry exhibits periodicity, which allows the designer to analyse only a representative element volume (RVE) in order to obtain the mechanical behaviour of the entire component/domain. The Repetitions Unity Cell (RUC) can then be used to construct such RVE. Fig. 1 presents two examples of RUCs that are also studied in the present work.



(a) Plain-Weave (b) Twill weave 2/2  
 Figure 1. Weave pattern draft and RUC adopted (dashed red square)

The RVE geometry is built in Texgen (see Lin et al. (2011); Long e Brown (2011)) using composite data from Scida et al. (1999) (see Table 1). In the model, there are three volume fractions to be considered, as showed in Fig. 3. The first one,  $V_0$ , refers to dry volume fraction. This is the volume occupied by fibers inside the whole composite volume. The second volume fraction,  $V_m$ , meso-scale volume fraction, is the portion occupied by strands (fills and warps with impregnated resin). By last, the strand volume fraction,  $V_s$ , is the volume occupied by fibers in strands. Figure 2 shows the geometry created in TexGen.



(a) Plain-Weave (b) Twill weave 2/2  
 Figure 2. Weave-fibre composite models created in TexGen.

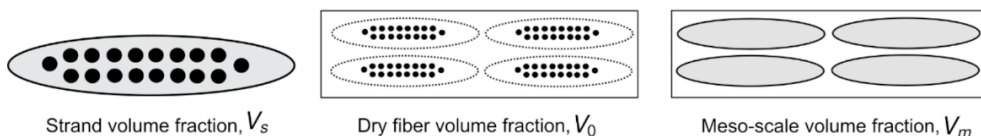


Figure 3. Composite Volume fractions

Material	Weave Class	Strand width (mm)	Comp. thickness (mm)	Yarn Spacing* (mm)	$V_0$	$V_s$	$V_m$
E-glass/Vynilester	Plain Weave	0.6	0.1	0.625	0.55	0.8	0.6875
E-glass/Epoxy	2/2 Twill weave	0.83	0.2275	1	0.38	0.75	0.5067

\*This parameter does not appear in Scida et al. (1999). However, it is a mandatory parameter for TexGen. Therefore, the values used in this work were selected to reproduce experimental  $V_m$  closest as possible.

\*\*Calculated by  $V_s = \frac{V_0}{V_m}$ , as stated in Barbero et al. (2006).

Table 1. Weave geometry parameters, Scida et al. (1999)

The correct  $V_m$  representation of the composite might be a difficult task in woven-fibre analysis. In TexGen, if one performs the model creation, a default increase of 10% of matrix in height is applied to the composite, creating a shallow film of matrix in lower and upper faces of the composite. Such additional matrix volume incurs that  $V_m$  decreases in the model. If one constricts such resin surplus, the thickness of matrix above (and below) strands would become excessively thin, requiring a finer mesh to avoid errors in modeling. As a consequence, the  $V_m$  considered in the presented model does not agree with experimental values. Following Barbero et al. [2006] methodology, one needs to carry out a meso scale volume fraction correction. Namely, the Compliance Matrix is corrected through eq. (1).

$$[S] = [S]^\alpha \frac{V_m}{V_m^\alpha} \quad (1)$$

where  $V_m$  and  $V_m^\alpha$  correspond to experimental and model meso scale volume fractions, respectively, and  $[S]^\alpha$  defines the compliance matrix  $[S]$  prior eq. (1) application. The table 2 shows the  $V_m$  obtained in this work and the correction factor applied.

Material	Weave Class	$V_m^\alpha$	$\frac{V_m}{V_m^\alpha}$
E-glass/Vynilester	Plain Weave	0.6	0.1
E-glass/Epoxy	2/2 Twill weave	0.83	0.2275

Table 2.  $V_m$  in Texgen and  $V_m$  correction

## 2.2 Boundary Conditions

The Average Strain Theorem establishes an equivalence between a boundary condition as showed in eq. (2) and strain average in the volume, as showed in Zohdi (2002). Such condition is known as uniform displacement boundary conditions (UDBC), in which  $\varepsilon_{ij}^A$  denotes an strain state applied, and  $x_j$  an position vector. If the coordinate system is in the geometrical center of the body with dimensions  $(2a_1, 2a_2, 2a_3)$ , the Fig. 4 is a representation of a uniform strain in pure extension. This type of boundary condition satisfies the Hill's Energy Condition, as stated in Zohdi (2002), which means that the model presents an equivalence between macro and micro energy measurements, being a necessary condition for a heteronegenous composite homogenization.

$$u|_{\partial V} = \varepsilon_{ij}^A x_j \quad (2)$$

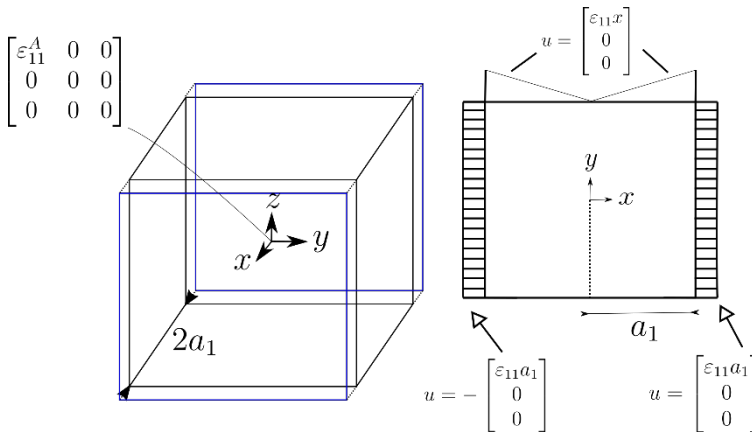


Figure 4. Boundary conditions scheme for a pure-extension state

## 2.3 Stiffness Tensor and Engineering Constants

Let the symbol  $\langle \cdot \rangle$  represent a quantity averaged in volume. The stress-strain relationship of averages is

$$\langle \sigma_{ij} \rangle = C_{ij} \langle \varepsilon_{ij} \rangle \quad (3)$$

In the current work, the  $C_{ij}$  in eq. (3) is considered with 36 independents terms. Following Zohdi (2002) methodology, six independent  $\varepsilon_{ij}^A$  are applied in the model, as illustrated in Fig. 4, through eq. (2). Each  $\varepsilon_{ij}^A$  applied in model, used together with eq. (3), generates six linear set of equations. The six  $\varepsilon_{ij}^A$  cases, consequently, allow the complete computation of  $C_{ij}$  terms. Finally, the engineering constants are obtained through the compliance matrix  $S_{ij}$ .

## 3 | RESULTS

### 3.1 Mesh Influence in Stiffness Matrix

Firstly, one evaluates the effect of mesh size in mechanical properties. The finite element analysis was carried out in ANSYS APDL (2018), with a 3-D 10-Node Tetrahedral Structural Solid element. The mesh is generated by TexGen, through a general seed parameter, which corresponds to element edge size. The stiffness tensor  $C_{ij}$  is obtained as explained in subsection 2.3. The Frobenius norm of  $C_{ij}$  is evaluated in each mesh size, represented by  $|C|$  in Fig. 5. The  $|C|$  was normalized by  $|C|_{avg}$ , which is the average of  $|C|$  in computed in reference of all meshes. The largest difference in Fig. 5 is lower than 2.80% among the evaluated meshes. Comparing to  $|C|_{avg}$ , the largest deviation is 1.52%. Due the small advantage of using the finest meshes, the seed size applied in this study is 0.05.

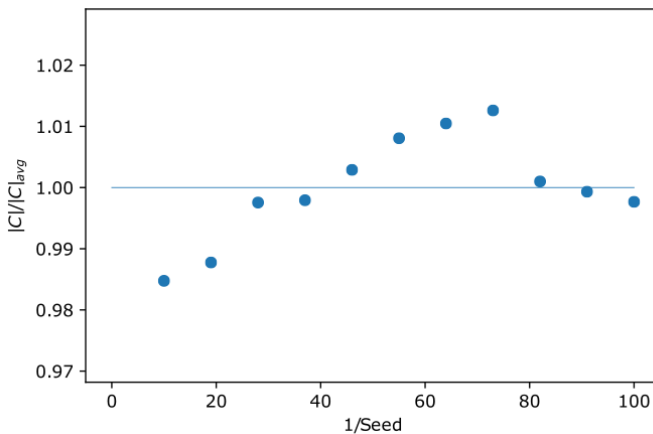


Figure 5. Mesh size influence in stiffness matrix  $|C|$

### 3.2 Comparison With Results From Literature

The introduced methodology is then compared with Barbero et al. (2006) numerical results and Scida et al. (1999) experimental and analytical results. The boundary conditions applied in this work, as discussed by Espadas-Escalante et al. (2017), overestimated  $E_1$  and  $E_2$  in general, as showed in table 3a and 3b.

Barbero et al. (2006) applied periodic boundary conditions (PBC), which is a distinct set of boundary conditions from those applied herein (explained in eq. (2)). PBC estimates the properties of an infinite periodic structure, assuming that both strain and stress are periodic. Such approach requires a full coupling between the degrees of freedom of nodes lying on boundaries, as proposed by Luciano et al. (1998). Another requirement of PBC is mesh periodicity. The main advantage of PBC approach is to simulate strain and stress fields



of an infinite body by just modeling one RUC. On other hand, the methodology applied here only imposes a set homogenized strains fields without any periodicity requirements. It has a great advantage of using a mesh-free approach in the model, but the results were slightly different from experimental data, as showed in table 3a. However, the model could not reproduce the geometry with precision. The table 2 shows that the current model reached  $V_m^\alpha$  with 16.5% of difference from  $V_m$ , which influenced the results, as the eq. (1) is not exact.

In contrast, the results from this work showed good agreement with experimental data for 2/2 Twill E-glass twill weave, as can be see in table 3b. In this particular case, it was possible to reach a  $V_m^\alpha$  closer to  $V_m$  from experimental data. The geometry, therefore, could be reproduced with quite good accordance with Scida et al. (1999) data, leading to a stress distribution that was closer to what is encountered in real woven-fibre.

### 3.3 Resulting Stress Fields in Woven Composite

One of the main advantages of developing a numerical tool to generate the stiffness matrix of a RUC / RVE is the possibility of observing the stresses on the domain. However, rather than evaluating the absolute stress value, it is important to study the stress relationships between resin and strand regions. In both Fig. 6 and Fig. 7 the stress field  $\sigma_{xz}$  in resin increases in regions where the distance between strands decreases. The stresses in this areas are 4 times greater to the center of resin elements group. It is clear that this stress jumps follow the weave pattern, as demonstrated in Fig. 6 and Fig. 7. Such stress increase does also appears in strands elements group. The stresses jumps, however, are less severe ( 200% larger). The maximum stress, in other hand, is dominant in strand elements. In both cases, the stress peak is larger – about 200% – in comparison to the resin elements group.

(a) E-glass/vinylester plain-weave

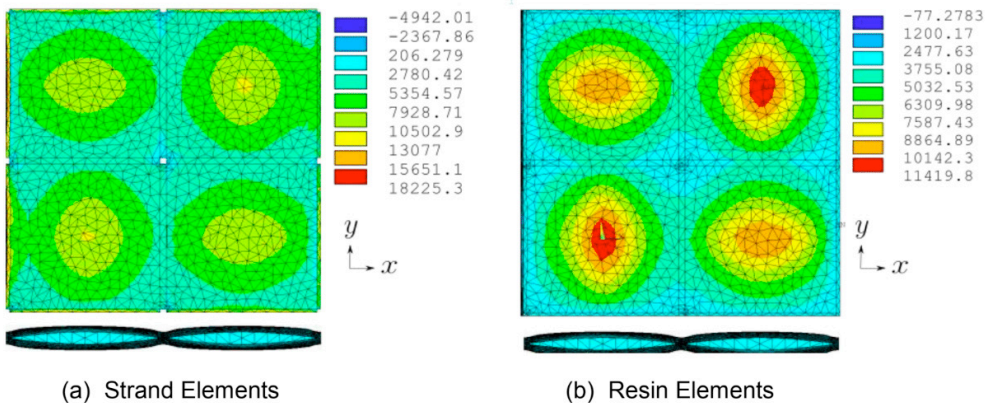
Properties	Present work	Barbero [7]	Scida [10]
$E_1[GPa]$	26.135	24.439	24.8
$E_2[GPa]$	26.718	24.534	24.8
$E_3[GPa]$	10.872	10.253	8.5
$G_{12}[GPa]$	5.132	5.515	6.5
$G_{23}[GPa]$	3.043	3.151	4.2
$G_{31}[GPa]$	3.335	3.159	4.2
$\nu_{13}$	0.366	0.382	0.28±0.07
$\nu_{23}$	0.305	0.380	0.28±0.07
$\nu_{12}$	0.141	0.126	0.11±0.01

(b) 2/2 twill E-glass/epoxy woven fabric

Properties	Present work	Scida [10]
$E_1[GPa]$	19.223	19.2±0.2
$E_2[GPa]$	19.337	19.2±0.2
$E_3[GPa]$	8.290	10.92*
$G_{12}[GPa]$	3.464	3.6±0.1
$G_{23}[GPa]$	2.071	3.78*
$G_{31}[GPa]$	2.222	3.78*
$\nu_{13}$	0.440	0.33*
$\nu_{23}$	0.392	0.33*
$\nu_{12}$	0.134	0.13±0.007

\*Analytical solution results from Scida et al. [1999]

Table 3. Comparison with experimental and numerical studies

Figure 6. Stress  $\sigma_{xz}$  distributions of E-glass/vinylester plain-weave under  $\varepsilon_{xz}$  strain state

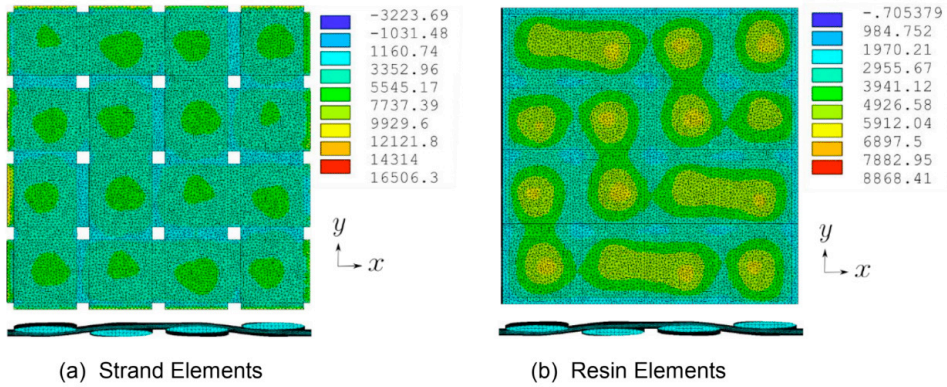


Figure 7. Stress  $\sigma_{xz}$  distributions of 2/2 twill E-glass/epoxy plain-weave under  $\epsilon_{xz}$  strain state

## 4 | CONCLUSIONS

In this article, Uniform Displacement Boundary Conditions (UDBC) were applied in order to obtain mechanical properties of two woven-fibre composites: E-glass/vinylester plain weave and 2/2 Twill E-glass epoxy weave. The properties obtained showed good agreement with results from literature. It was verified that both boundary conditions and geometry had influenced the results. Therefore, it must be further investigated how to overcome the difficulty of real woven-fibre geometry representation, as well how others boundaries conditions types can perform the same task. An important point highlighted by the present work is that the use of Classical Laminate Theory hides loss of information that happens due to the reduction of the constitutive tensor, and many analytical models are based on it. In the literature, these models showed good performance for in-plane mechanical properties, although they present inferior performance for out-of-plane properties. As a consequence, further investigation may be carried applying distinct plate theory in analytical models. Namely, first or higher-order shear deformation plate theories could possibly lead to good results in out-of-plane properties.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to CNPq (Universal project no. 310649/2017-0), CAPES (PRO- BRAL project no. 88881.198774/2018-01) and DAAD (PROBRAL project no. 57447163) for funding the development of this research.

## AUTHORSHIP STATEMENT

The authors hereby confirm that they are the sole liable persons responsible for the authorship of this work, and that all material that has been herein included as part of the

present paper is either the property (and authorship) of the authors, or has the permission of the owners to be included here.

## REFERENCES

Ansys, I. ANSYS ® **Academic Research Mechanical**, vol. Release 18.1, 2018.

Barbero, E., Trovillion, J., Mayugo, J., e Sikkil, K. **Finite element modeling of plain weave fabrics from photomicrograph measurements**, Composite Structures, vol. 73(1), p. 41–52, 2006.

Espadas-Escalante, J. J., van Dijk, N. P., e Isaksson, P. **A study on the influence of boundary conditions in computational homogenization of periodic structures with application to woven composites**, Composite Structures, vol. 160, p. 529–537, 2017.

Hazanov, S. e Amieur, M. **On overall properties of elastic heterogeneous bodies smaller than the representative volume**, International Journal of Engineering Science, vol. 33(9), p. 1289–1301, 1995.

Ishikawa, T. **Anti-symmetric elastic properties of composite plates of satin weave cloth**, Fibre Science and Technology, vol. 15(2), p. 127–145, 1981.

Ishikawa, T. e Chou, T.-W. **Elastic behavior of woven hybrid composites**, Journal of composite materials, vol. 16(1), p. 2–19, 1982a.

Ishikawa, T. e Chou, T.-W. **Stiffness and strength behaviour of woven fabric composites**, Journal of Materials Science, vol. 17(11), p. 3211–3220, 1982b.

Lin, H., Brown, L. P., e Long, A. C. **Modelling and simulating textile structures using TexGen**. In Advanced Materials Research, vol. 331, p. 44–47. Trans Tech Publ, 2011.

Long, A. e Brown, L. **Modelling the geometry of textile reinforcements for composites: TexGen. In Composite reinforcements for optimum performance**, p. 239–264. Elsevier, 2011.

Luciano, R. e Sacco, E. **Variational methods for the homogenization of periodic heterogeneous media**, European Journal of Mechanics-A/Solids, vol. 17(4), p. 599–617, 1998.

Huang, Z. **The mechanical properties of composites reinforced with woven and braided fabrics**, Composites science and technology, vol. 60(4), p. 479–498, 2000.

Sankar, B. V. e Marrey, R. V. **Analytical method for micromechanics of textile composites**, Composites Science and Technology, vol. 57(6), p. 703–713, 1997.

Scida, D., Aboura, Z., Benzeggagh, M., e Bocherens, E. **Prediction of the elastic behaviour of hybrid and non-hybrid woven composites**, Composites science and technology, vol. 57(12), p. 1727–1740, 1998.

Scida, D., Aboura, Z., Benzeggagh, M., e Bocherens, E. **A micromechanics model for 3D elasticity and failure of woven-fibre composite materials**, Composites Science and Technology, vol. 59(4), p. 505–517, 1999.

Verpoest, I. e Lomov, S. V. **Virtual textile composites software WiseTex: Integration with micro-mechanical, permeability and structural analysis**, Composites Science and Technology, vol. 65(15-16), p. 2563–2574, 2005.

Zohdi, T. **Computational modeling and design of new random microheterogeneous materials**, CISM Course Notes, vol. 1, 2002.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Algoritmo 9, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 127, 172, 211, 320, 323, 324, 343, 350, 355, 370

Algoritmos de seleção 9, 342, 343, 347, 348, 353

ANSYS 9, 172, 173, 176, 177, 178, 180, 181, 204, 208, 266, 267, 272, 273, 399, 401

Aplicativo 9, 16, 65, 88, 89, 90, 92, 93, 273, 366, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 381, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395

Aprendizado 9, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 87, 230, 232, 233, 235, 240, 242, 244, 281, 290

Artificial Intelligence 16, 60, 354, 355

### B

Blender 231, 236, 237

### C

Classificação 9, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 384

Computational Vision 355, 356

Comunicação 9, 85, 94, 95, 194, 230, 231, 232, 242, 243, 281, 283, 286, 304, 306, 307, 367, 384, 395

Coronavírus 59, 60, 65

Covid-19 11, 59, 60, 62, 65

### D

Desempenho 9, 12, 11, 12, 13, 14, 19, 23, 62, 67, 113, 114, 173, 186, 257, 267, 310, 342, 343, 345, 346, 350, 352, 353, 354, 367, 370, 373, 374, 389

Diagnóstico 15, 127, 313, 314, 316, 317, 318, 328, 329, 371

Diagramas 115, 283, 284, 371, 372

Dispositivo Móvel 10, 16, 366, 368, 370, 371

### E

Educação 24, 85, 86, 87, 88, 93, 94, 230, 232, 233, 235, 240, 241, 242, 243, 244, 279, 292, 303, 313, 342, 351, 353, 354, 369, 410

Enem 16, 342, 343, 344, 345, 347, 348, 350, 351, 353, 354

Energia Elétrica 9, 113, 114, 116, 126, 245, 257, 314

Ensino 9, 12, 14, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 93, 95, 230, 231, 232, 233, 235, 236, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 281, 292, 342, 343, 351, 352, 353, 354

Equações 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 33, 34, 37, 95, 399

Estruturação de dados 194

## F

Finite Differences 38, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 165, 169, 170, 171

Fracture Mechanics 332, 334, 341

## G

Genetic Algorithm 128, 129, 130, 132, 133, 136, 137, 172, 180

Geração Fotovoltaica 12, 113, 115, 124, 125

## I

Image Processing 128, 130, 136, 356, 364

Indústria 4.0 9, 15, 303, 304, 305, 306, 308, 309, 310, 312

Informação 9, 37, 85, 86, 92, 94, 188, 195, 196, 230, 231, 232, 233, 242, 243, 280, 281, 282, 283, 304, 308, 319, 351, 366, 367, 368, 371, 395, 396, 410

Inteligência Artificial 11, 59, 304, 307, 308, 355, 356

Interface 51, 144, 146, 150, 152, 232, 235, 236, 239, 283, 284, 286, 332, 333, 334, 341, 369, 372, 376, 384, 385, 386, 397

Interpolation 13, 1, 4, 101, 102, 103, 178, 210, 215, 216, 217, 218, 221, 227

## L

Labyrinth Seals 13, 172, 174, 176, 179, 181, 182

## M

Máscara 9, 11, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66

MASK R-CNN 9, 355, 356, 359, 360, 361, 362, 364, 365

Method 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 38, 44, 55, 57, 67, 68, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 82, 83, 107, 112, 128, 129, 130, 131, 136, 141, 145, 156, 157, 158, 163, 169, 170, 171, 174, 175, 177, 178, 180, 181, 198, 199, 208, 210, 211, 215, 216, 217, 226, 227, 228, 229, 258, 259, 260, 264, 313, 336, 357, 399, 401, 409

Metodologias Ativas 231, 232, 244

Mineração de dados 343, 344, 345, 354

M-Learning 9, 12, 85, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94

Modelagem 17, 18, 211, 236, 237, 271, 284, 312, 371, 372, 374, 375

Modelo distribuído 9, 11, 11, 14, 22

Modelo Numérico 259, 271

Monitoramento 9, 10, 12, 60, 66, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 122, 124, 125, 246, 248, 253, 279, 280, 283, 285, 290, 313, 314, 328, 366, 367, 368, 395

Motor de Indução 15, 313, 314, 316, 318, 319, 321

## **P**

Probabilidade 24, 31, 32, 34, 185, 332, 375

Protótipo 9, 234, 240, 241, 242, 283, 285, 286, 289, 366, 368, 371, 372, 374, 394

Pulsed compression reactor 172, 173, 175, 181, 182

## **R**

Realidade Virtual 9, 14, 94, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 239, 240, 241, 242, 243, 244

Rectilinear grids 13, 210, 212, 218, 227

Redes Neurais Artificiais 60, 62, 355, 364

RFID 15, 279, 280, 282, 283, 285, 286, 287, 288, 290, 291

## **S**

Setup 13, 138, 139, 140, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155

Sistema 9, 12, 14, 15, 11, 15, 18, 64, 88, 90, 91, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 123, 124, 125, 126, 172, 184, 185, 186, 194, 195, 196, 231, 233, 234, 245, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 272, 279, 280, 283, 284, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 292, 293, 297, 299, 300, 306, 307, 312, 356, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 374, 375, 376, 381, 382, 384, 385, 386

Sistema de controle 194, 290

Sistema Estrutural 272, 292, 293, 297, 299, 300

Smartphone 90, 91, 94, 376

Sociedade 5.0 9, 15, 303, 304, 305, 306, 308, 309, 310

Sociedade Criativa 303, 304, 306, 308, 309

Software 9, 28, 67, 74, 137, 138, 139, 156, 157, 163, 176, 177, 200, 209, 231, 236, 266, 267, 282, 284, 287, 291, 292, 293, 298, 321, 323, 324, 325, 328, 344, 347, 371, 372, 375, 376, 386, 396, 397, 398, 399, 401

## **T**

Tecnologia 9, 24, 85, 86, 87, 91, 93, 94, 114, 230, 231, 232, 239, 240, 241, 242, 244, 267, 279, 280, 281, 282, 283, 290, 292, 301, 302, 304, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 313, 332, 342, 366, 367, 368, 396, 410

TICs na Educação 85, 93

Torpedo anchors 138, 139, 140, 148, 150, 152, 155

Transformação Digital 9, 15, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 310, 311

## **U**

Uncertainty Quantification 15, 332, 336, 341

Usabilidade 9, 234, 366, 368, 372, 374, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393,



394, 395, 396, 397, 398

## **V**

Virtual 9, 12, 14, 85, 86, 87, 88, 89, 93, 94, 100, 101, 209, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 309, 402

Virtual Reality 9, 12, 85, 86, 87, 88, 231, 243, 244


## **W**

Web 10, 35, 279, 280, 283, 286, 287, 290, 304, 344, 386, 396

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:






## ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

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

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2

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