



**Ernane Rosa Martins
(Organizador)**

Princípios e Aplicações da Computação no Brasil 3

Atena
Editora
Ano 2019

Ernane Rosa Martins
(Organizador)

Princípios e Aplicações da Computação no Brasil 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Lorena Prestes
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P957	<p>Princípios e aplicações da computação no Brasil 3 [recurso eletrônico] / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Princípios e aplicações da computação no Brasil; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisito de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-702-4 DOI 10.22533/at.ed.024191510</p> <p>1. Computação. 2. Informática. 3. Programação de computador. I. Martins, Ernane Rosa. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 004</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O volume 3 da referida obra “Princípios e Aplicações da Computação no Brasil” apresenta 15 novos capítulos, que abordam assuntos importantes sobre o panorama atual da computação no Brasil, tais como: desenvolvimento de aplicativos móveis, VoIP, modelagem computacional, simulação, recurso educacional aberto, projeto de banco de dados, mobile learning, robótica, avaliação automática de código-fonte e agrupamento difuso multivariado.

Deste modo, esta obra reúne debates e análises acerca de questões relevantes, tais como: desenvolvimento de uma aplicação móvel para realização de recargas, consultas e simulação de saldo na carteira de transporte público, usando o método Design Constructal para melhorar a configuração geométrica de um novo layout para TCSA com quatro dutos; análise dos benefícios da tecnologia VoIP como alternativa de baixo custo a um serviço de telefonia institucional gerenciado por minicomputadores Raspberry e adaptadores ATA; análise do comportamento mecânico de placas finas de materiais compósitos laminados reforçados por fibras submetidas a esforços de flexão, comparando-as com o de uma placa de aço, usando modelagem computacional utilizando o software Abaqus 2017 Student Version®; apresentação de uma arquitetura de sistemas de simulação para área de convergência; desenvolvimento de uma abordagem para auxiliar o docente na criação de atividades com REA's que quando executados pelos alunos gerem o registro de suas experiências; análise da gestão de recursos humanos na administração pública por meio de um projeto de banco de dados; análise dos recursos disponíveis no WhatsApp Messenger, que oferecem possibilidades de uso no ambiente escolar como recurso pedagógico que pode auxiliar o processo de ensino e aprendizagem; simulação de um agente robótico capaz de realizar busca e exploração visual num ambiente virtual; e o desenvolvimento de uma ferramenta de análise e avaliação automática de código-fonte como alternativa para a otimização do processo de ensino-aprendizagem de programação.

Nesse sentido, esta obra apresenta enorme potencial para contribuir com análises e discussões aprofundadas sobre assuntos relevantes da área da computação, podendo servir de referência para novas pesquisas e estudos nesta área. Agradecemos em especial aos autores dos capítulos apresentados, e desejamos aos leitores, inúmeras reflexões proveitosas sobre as temáticas abordadas nesta obra.

Ernane Rosa Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
WALLET BUS - TECNOLOGIA E TRANSPORTE PÚBLICO	
Carlos Adriano Carneiro Pestana Juan Castro Ribeiro Leonardo Carlos Balbino	
DOI 10.22533/at.ed.0241915101	
CAPÍTULO 2	16
UM PROJETO CONSTRUCTAL DE TROCADORES DE CALOR SOLO-AR COMPOSTOS POR QUATRO DUTOS	
Ruth da Silva Brum Liércio André Isoldi Jairo Valões de Alencar Ramalho Luiz Alberto Oliveira Rocha Michel Kepes Rodrigues Elizaldo Domingues dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.0241915102	
CAPÍTULO 3	30
TELEFONIA DIGITAL DE BAIXO CUSTO COM VOIP E RASPBERRY: UM ESTUDO DE CASO NO IFPI CAMPUS ANGICAL DO PIAUÍ	
Francisco Alysson da Silva Sousa Matheus Lopes Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.0241915103	
CAPÍTULO 4	40
SIMULAÇÃO NUMÉRICA PARA ANÁLISE DE DEFLEXÕES E TENSÕES EM PLACAS FINAS DE AÇO E DE MATERIAI COMPÓSITOS SUBMETIDAS A ESFORÇOS DE FLEXÃO	
João Vítor de Azambuja Carvalho Daniel Helbig	
DOI 10.22533/at.ed.0241915104	
CAPÍTULO 5	49
SIMULAÇÃO DE ÁREA DE CONVERGÊNCIA NUVEM-HPC	
Alessandro Kraemer	
DOI 10.22533/at.ed.0241915105	
CAPÍTULO 6	63
RECREATE: RECOMENDAÇÃO DE REA'S POR MEIO DA DESCOBERTA DO ESTILO DE APRENDIZAGEM PELA EXPERIÊNCIA DO ESTUDANTE E EXPECTATIVA DO PROFESSOR	
Marco Antonio Colombo Da Silva Marilde Terezinha Prado Santos	
DOI 10.22533/at.ed.0241915106	
CAPÍTULO 7	76
PROJETO DE BANCO DE DADOS COM FOCO NA ALOCAÇÃO DEPARTAMENTAL DE SERVIDORES PÚBLICOS E SUAS ATRIBUIÇÕES FUNCIONAIS	
José Nazareno Alves Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.0241915107	

CAPÍTULO 8	87
M-LEARNING ATRAVÉS DO WHATSAPP: UMA ANÁLISE DE RECURSOS	
Nilson Alves dos Santos Mayara Kaynne Fragoso Cabral Beatriz Francisco Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.0241915108	
CAPÍTULO 9	98
EXPLORAÇÃO E BUSCA VISUAL ROBÓTICA EM AMBIENTE SIMULADO	
Felipe Duque Belfort de Oliveira Hansenclever de França Bassani Aluizio Fausto Ribeiro Araujo	
DOI 10.22533/at.ed.0241915109	
CAPÍTULO 10	112
ESTUDO SOBRE A ESPECTROSCOPIA NIR PARA DETECÇÃO DONÍVEL ALCOÓLICO NO SANGUE	
Luis Gustavo Longo da Silva Cláudio Luis D'Elia Machado Fabiano Sandrini Moraes Rafael Galli	
DOI 10.22533/at.ed.02419151010	
CAPÍTULO 11	125
ESTUDO COMPUTACIONAL DO COEFICIENTE DE IMPACTO VERTICAL EM LONGARINAS DE PONTES RODOVIÁRIAS BRASILEIRAS	
Vinícius Heidtmann Avila Mauro de Vasconcellos Real Márcio Wrague Moura	
DOI 10.22533/at.ed.02419151011	
CAPÍTULO 12	140
DESENVOLVIMENTO DE UMA ABORDAGEM DE CLASSIFICAÇÃO DE TRAÇOS DE PERSONALIDADE DO BIG-FIVE VIA ANÁLISE DE TEXTOS EM PORTUGUÊS DO BRASIL	
Angelo Travizan Neto Taís Borges Ferreira Márcia Aparecida Fernandes	
DOI 10.22533/at.ed.02419151012	
CAPÍTULO 13	148
CODETEACHER: UMA FERRAMENTA PARA CORREÇÃO AUTOMÁTICA DE TRABALHOS ACADÊMICOS DE PROGRAMAÇÃO EM JAVA	
Francisco Alan de Oliveira Santos Plácido Soares das Chagas Segundo Mardoqueu Sousa Telvina	
DOI 10.22533/at.ed.02419151013	
CAPÍTULO 14	158
CLASSIFICAÇÃO DE TENDÊNCIAS POLÍTICAS EM NOTÍCIAS VIA MINERAÇÃO DE TEXTO E REDES NEURAIS SEM PESO	
Rafael Dutra Cavalcanti	
DOI 10.22533/at.ed.02419151014	

CAPÍTULO 15	169
ANÁLISE DE DADOS DE EXPRESSÃO GÊNICA POR MEIO DE MÉTODOS DE AGRUPAMENTO DIFUSO MULTIVARIADO	
Bruno Almeida Pimentel	
Marcilio Carlos Pereira de Souto	
DOI 10.22533/at.ed.02419151015	
SOBRE O ORGANIZADOR	182
ÍNDICE REMISSIVO	183

SIMULAÇÃO NUMÉRICA PARA ANÁLISE DE DEFLEXÕES E TENSÕES EM PLACAS FINAS DE AÇO E DE MATERIAIS COMPÓSITOS SUBMETIDAS A ESFORÇOS DE FLEXÃO

João Vítor de Azambuja Carvalho

Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Engenharia Rio Grande – Rio Grande do Sul

Daniel Helbig

Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Engenharia Rio Grande – Rio Grande do Sul

RESUMO: As evoluções no desenvolvimento de materiais compósitos possibilitam cada vez mais o seu uso. Algumas das ferramentas que contribuíram para essa evolução foram o Método dos Elementos Finitos e as ferramentas de simulação numérica, pois possibilitaram a avaliação do comportamento e da resistência desses materiais ainda na fase de projeto. Esses métodos permitem ao pesquisador conhecer de maneira muito próxima o comportamento dos elementos e das estruturas, porém, como são métodos aproximados, não se pode esperar que os resultados sejam exatamente iguais aos reais. Este trabalho procura analisar o comportamento mecânico de placas finas de materiais compósitos laminados reforçados por fibras submetidas a esforços de flexão, comparando-as com o de uma placa de aço. Para a modelagem computacional do problema utilizou-se o software Abaqus 2017 Student Version® cuja base está fundamentada no

Método dos Elementos Finitos. Na sequência, busca-se comparar os resultados obtidos neste trabalho com os encontrados por Helbig et al. (2013). A análise dos dados, através de duas diferentes ferramentas computacionais disponíveis no mercado, tem como objetivo verificar a coerência e a equivalência entre os resultados. Pôde-se verificar que os dados obtidos neste trabalho e por Helbig et al. (2013) no software Ansys® apresentaram equivalência entre si e deles para com a solução analítica desenvolvida para o problema.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação Numérica. Modelagem Computacional. Materiais Compósitos. Abaqus.

NUMERICAL SIMULATION FOR THE ANALYSIS OF DEFLECTIONS AND STRESSES IN THIN STEEL PLATES AND COMPOSITE MATERIALS SUBMITTED TO BENDING EFFORTS¹

ABSTRACT: The evolution in the development of composite materials increases their use. Some of the tools that contributed to this evolution were the Finite Element Method and numerical simulation tools, as they enabled the evaluation of the behavior and resistance of these materials still in the design phase. These methods allow the researcher to know

¹ Publicado inicialmente em Scientia Plena, vol.15, n.4, Abril/2019, doi: 10.14808/sci.plena.2019.049916

very closely the behavior of the elements and structures, but as they are approximate methods, the results can not be expected to be exactly the same as the real ones. This work aims to analyze the mechanical behavior of thin sheets of composite materials reinforced by fibers subjected to bending efforts, comparing them with that of a steel plate. For the computational modeling of the problem we used the software Abaqus 2017 Student Version® based on the Finite Element Method. The results obtained in this work are compared with those found by literature. The data analysis, through two different computational tools available in the market, aims to verify the consistency and the equivalence between the results. It could be verified that the data obtained in this work and by literature in Ansys® software presented equivalence among them and with them to the analytical solution developed for the problem.

KEYWORDS: Numerical Simulation, Computational Modeling, Composite Materials.

1 | INTRODUÇÃO

Os avanços nas áreas de ciências dos materiais proporcionam o uso mais consciente e efetivo dos materiais. Nesse contexto encontram-se os materiais compósitos, dos quais consegue-se extrair propriedades úteis a diversas áreas da Engenharia. Esses, são formados por laminações de diferentes materiais, tais como polímeros, materiais fibrosos e ligas metálicas. Os *Fiber Reinforced Polymer Composites* (FRPs) ganham espaço e sua utilização em placas finas passa a ser uma possibilidade interessante.

Através da simulação numérica consegue-se aferir quais os pontos críticos de modelos desenvolvidos com esses materiais. Esta estuda as tensões e deformações ao longo do modelo e avalia qual a resistência em flexão e rigidez (Teixeira, 2014). Um dos métodos de simulação numérica é o Método dos Elementos Finitos (MEF), utilizado em diversos softwares, dentre os quais: o Abaqus® e o Ansys®.

O erro é inerente a todos os métodos numéricos. Ainda assim, é útil a avaliação dos resultados em duas ferramentas diferentes a fim de que se compreenda melhor os dados obtidos e se possa ter uma avaliação se esses apresentam equivalência.

Serão realizadas simulações numéricas, com o auxílio do Abaqus®, com o objetivo de analisar e comparar o comportamento mecânico de placas finas de aço e de materiais compósitos laminados reforçados por fibras submetidos a esforços de flexão. Os resultados servirão para a comparação com os obtidos por Helbig et al. (2013), que faz uso do Ansys®. Espera-se que estes possam ser equivalentes.

2 | MATERIAIS COMPÓSITOS

Materiais compósitos são aqueles em que dois ou mais materiais são combinados com o objetivo de constituir um terceiro material útil. Esses materiais são comumente classificados como: materiais compósitos fibrosos, materiais compósitos laminados,

materiais compósitos particulados e combinações dos três tipos (Jones, 1999).

Esses materiais podem ser constituídos através de ligações mecânicas ou químicas e tipicamente são encontrados na forma de inclusões suspensas em uma matriz, elemento responsável pela transmissão dos esforços para as fibras. O reforço por sua vez tem impacto direto nas características mecânicas do material e na sua fabricação. Os materiais constituintes mantêm suas características e, normalmente, é possível identificá-los fisicamente, de forma que existe uma interface entre eles (Bower, 2000).

Existem, por exemplo, matrizes metálicas, cerâmicas, de carbono e cimentícias, embora as mais utilizadas sejam as poliméricas. Os materiais compósitos de matriz polimérica podem ser divididos em duas categorias principais: as termoplásticas e as termo-endurecíveis. Os reforços, por sua vez, dividem-se em três categorias. Existem materiais reforçados por fibras (como os utilizados para o desenvolvimento deste trabalho), compósitos particulados e compósitos estruturais (Teixeira, 2014).

Segundo Jones (1999), os principais benefícios na utilização desses materiais estão associados a resistência e rigidez. Normalmente, essas características são expressas em termos relativos, dividindo-as pela densidade. Os valores para as propriedades dos materiais constituintes variam de acordo com o ângulo de colocação das fibras entre 0° (no sentido das fibras, cujo valor é máximo) e 90° (perpendicular as fibras, cujo valor é mínimo).

3 | MODELO COMPUTACIONAL

Com o objetivo de simular o comportamento mecânico de placas finas para diferentes materiais e composições, desenvolveu-se no Abaqus®, cuja base é o MEF, o modelo computacional. O MEF consiste na divisão do domínio de integração, chamada rede de elementos finitos, e os pontos de interseção entre as linhas da malha são denominados nós (Isoldi, 2008). O comportamento de cada elemento é determinado de forma que a malha se comporte da maneira mais semelhante possível ao contínuo original (Helbig et al., 2013).

Para a modelagem computacional, foi utilizado o elemento S8R: elemento quadrilateral, com 8 nós, análise de deformações e tensões convencional e integração reduzida. Para o S8R podem ser determinadas camadas de materiais compósitos, suas propriedades mecânicas, assim como a espessura e a angulação das diferentes camadas interpostas. Este é composto de 8 nós e 6 graus de liberdade, deslocamento nos eixos x, y e z e rotação nos eixos x, y e z (Dassault Systemes, 2015).

A definição da malha para a análise do problema é fator crucial para a obtenção de bons resultados. Neste trabalho, a malha será formada por 800 nós, para efeito de comparação com os resultados obtidos por Helbig et al. (2013). Ressalte-se que a quantidade de nós acima especificada possibilita a utilização da versão estudantil

do software Abaqus® (Abaqus 2017 Student Version®), limitada a 1000 nós.

O modelo computacional utilizado analisará as tensões e as deflexões em placas finas engastadas nas quatro bordas e submetidas a um carregamento uniforme distribuído. Este apresenta as mesmas características utilizadas em Helbig et al. (2013), o que possibilita a comparação dos resultados.

4 | VERIFICAÇÃO DO MODELO

Para a verificação do modelo computacional foi utilizado uma placa de aço, isotrópica, quadrada de 0,50 m de lado, com espessura de $5,00 \times 10^{-3}$ m e engastada nas quatro bordas. Para o aço, foram consideradas as propriedades: módulos de elasticidade $E = 210,00$ GPa e $G = 80,80$ GPa e coeficiente de Poisson $\mu = 0,30$. Foi aplicado sobre a placa um carregamento uniforme distribuído de 100,00 Pa. Adotou-se para a simulação numérica o elemento S8R do Abaqus®, utilizado para o cálculo de placas e cascas, considerando-se uma placa formada por quatro camadas de igual espessura, para efeito de comparação com o resultado analítico de Timoshenko e Woinowsky-Krieger (1959) para o cálculo da máxima deflexão. A solução analítica apresenta uma deflexão máxima de $3,276 \times 10^{-3}$ m e, a numérica, de $3,287 \times 10^{-3}$ m, ou seja, uma diferença de 0,33%, o que verifica o modelo computacional proposto.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizou-se a simulação numérica, com o auxílio do Abaqus®, para comparar o comportamento mecânico de placas finas de aço e de materiais compósitos laminados reforçados por fibras com os de Helbig et al. (2013). Considerou-se, como domínio computacional, uma placa de dimensões (0,20 x 0,10 x 0,01) m respectivamente comprimento, largura e espessura, como pode ser visto na Fig.(1). Esse foi discretizado por uma malha quadrada de tamanho $5,00 \times 10^{-3}$ m, com 800 elementos do tipo *shell* S8R. A placa está engastada nas quatro bordas e submetida a um carregamento uniforme distribuído de 0,20 MPa.

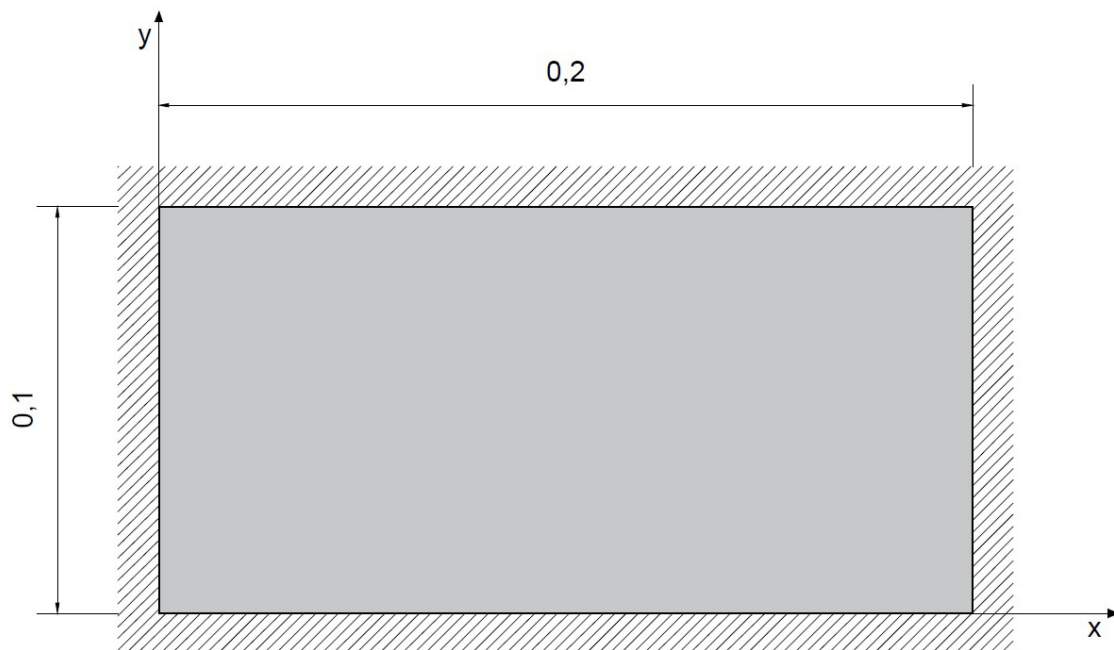


Figura 1: Domínio Computacional.

As propriedades mecânicas para o aço e para os materiais compósitos são apresentadas na Tab.1 (Helbig et al., 2013) e os esquemas de laminação na Tab. 2.

Propriedades	Materiais				
	Aço (A)	Vidro E/ Epóxi (B)	Boro/ Epóxi (C)	Tecido de Vidro/ Epóxi (D)	Boro/ Alumínio (E)
E_x (GPa)	210,00	39,00	201,00	29,70	235,00
E_y (GPa)	210,00	8,60	21,70	29,70	137,00
E_z (GPa)	210,00	8,60	21,70	29,70	137,00
G_{xy} (GPa)	80,80	3,80	5,40	5,30	47,00
G_{yz} (GPa)	80,80	3,80	5,40	5,30	47,00
G_{zx} (GPa)	80,80	3,80	5,40	5,30	47,00
μ_{xy}	0,30	0,28	0,17	0,17	0,30
μ_{yz}	0,30	0,28	0,17	0,17	0,30
μ_{zx}	0,30	0,28	0,17	0,17	0,30

Tabela 1: Propriedades dos Materiais

Casos	Laminação	Materiais
1	-	(A)
2	[0/90/90/0]	(B),(C),(D) e (E)
3	[90/0/0/90]	(B),(C),(D) e (E)
4	[0/90/0]	(B),(C),(D) e (E)
5	[90/0/90]	(B),(C),(D) e (E)
6	[45/-45/-45/45]	(B),(C),(D) e (E)
7	[45/-45/45]	(B),(C),(D) e (E)

Foram adotados, para os casos 2, 3 e 6, esquemas de laminação compostos por quatro camadas de $2,50 \times 10^{-3} \text{m}$, e para os casos 4, 5 e 7, laminação antissimétrica com três camadas de $3,33 \times 10^{-3} \text{m}$. Como exemplo, ver Fig.(2).

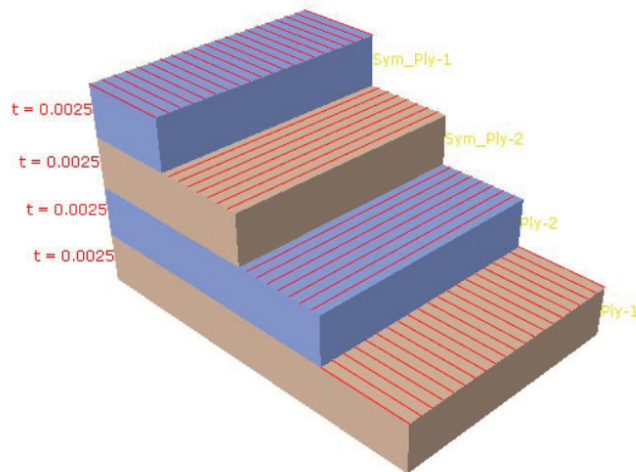


Figura 2: Laminação do caso 2.

Cabe salientar que este trabalho não tem como objetivo verificar a resistência do material compósito ou de suas camadas, logo não há considerações quanto à ruptura das fibras ou da matriz.

A Fig.(3a) mostra os valores máximos para as deflexões neste trabalho e a Fig. (3b) mostra os de Helbig et al. (2013).

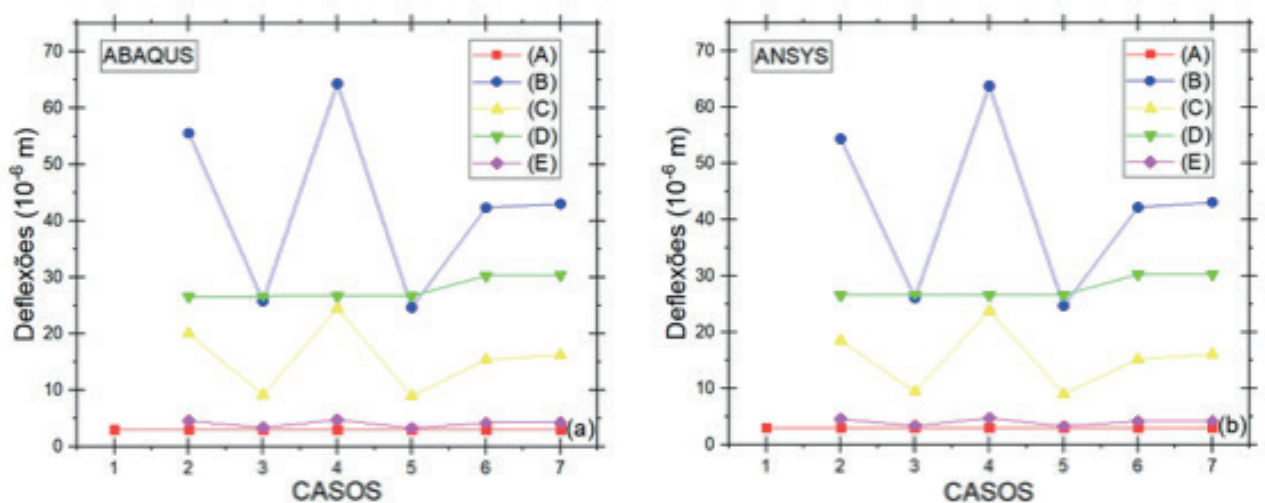


Figura 3: Gráficos de deflexões máximas - Abaqus® (à esquerda) e Ansys® (à direita).

Observa-se na Fig.(3a,b), que os resultados obtidos apresentam comportamento gráfico semelhante aos de Helbig et al. (2013). Quanto aos resultados numéricos, as maiores diferenças referem-se ao material compósito Boro/Epóxi (C), sendo de 7,68% e -2,93%, respectivamente casos 2 e 3.

A Fig.(3a,b) mostra que as menores deflexões, porém maiores que as do aço, referem-se ao material compósito (E) nos casos 3 e 5. As deflexões máximas foram obtidas para o material compósito (B) e caso 4, no Abaqus® e no Ansys®. Quando comparadas com as da placa de aço, são respectivamente 2039,96% e 2019,60% superiores. Por outro lado, as mínimas são superiores 8,21% e 7,97%, respectivamente.

Quando considera-se o número de camadas, as máximas referem-se ao caso 4, para os materiais compósitos (B), (C) e (E) com três camadas, e as mínimas ao caso 5 com quatro camadas.

Os valores máximos para as tensões de von Mises são apresentados na Fig. (4a) e na Fig.(4b) os obtidos por Helbig et al. (2013). Essa mostra que os resultados encontrados são coerentes com os de Helbig et al. (2013). As maiores diferenças são de 5,54% e -2,20%, respectivamente para o composto Boro/Epóxi (B), caso 2, e Tecido de Vidro/Epóxi (D), caso 6.

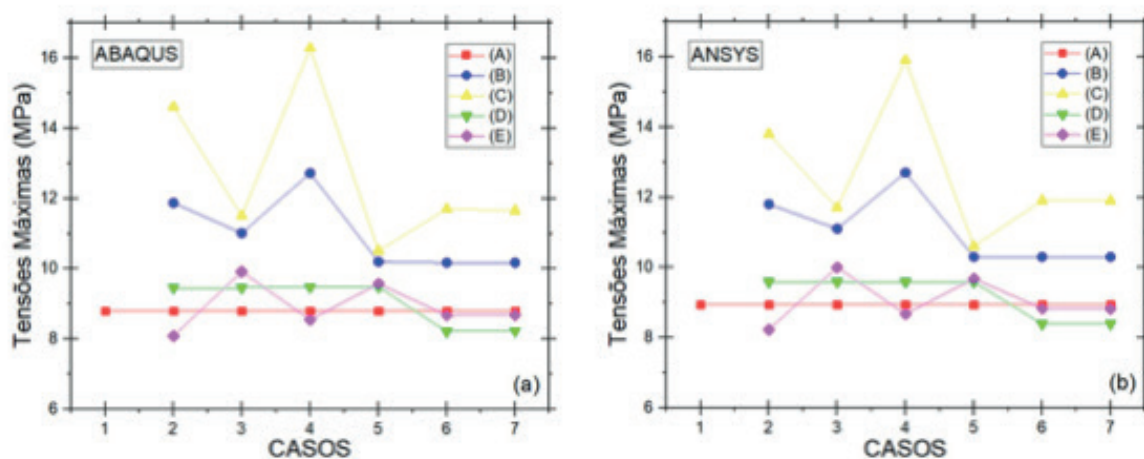


Figura 4: Gráficos de tensões máximas - Abaqus ® (à esquerda) e Ansys® (à direita).

Observou-se que apenas os materiais compósitos (E), nos casos 2, 4, 6 e 7, e (D), nos casos 6 e 7, apresentaram tensões menores que as da placa de aço. Dentre os outros, e para todos os casos considerados, obteve-se valores maiores do que os da placa de aço. Os valores máximos encontrados, em ambos os softwares, foram para o material compósito (C) e caso 4, superiores 85,13%, no Abaqus®, e 77,85%, no Ansys®, aos valores para o aço. Por outro lado, as tensões mínimas foram para o material compósito (E) e caso 2, respectivamente 8,06% e 7,94% inferiores às da placa de aço. A Fig.(5) mostra a distribuição de tensões de von Mises para uma

placa de material compósito (C), considerando os casos 4 e 7.

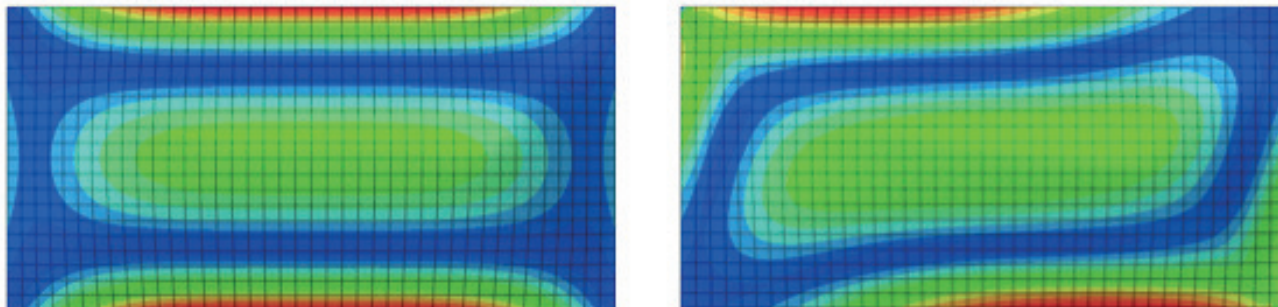


Figura 5: Distribuição de tensões no material compósito (C), caso 4 (à esquerda) e caso 7 (à direita).

Para todos os casos considerados, os maiores valores de tensões correspondem ao material compósito (C). Em relação à orientação das fibras, para os materiais compósitos (B), (D) e (E), foram encontrados valores inferiores quando colocadas à 45°. Quanto à laminação obteve-se para os materiais compósitos (B) e (C) valores superiores aos demais nos casos com três camadas e orientação perpendicular das fibras.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente utilização de materiais compósitos reforçados por fibras em projetos estruturais os torna tema de grande relevância nas diversas áreas da engenharia.

Foi possível comprovar que placas de material compósito laminado reforçado por fibras apresentam deflexões maiores que as de uma placa de aço. Demonstrou-se que existem situações, casos 2 e 4 para o material compósito (E) e casos 6 e 7 para o material compósito (D), onde as tensões são inferiores às encontradas para uma placa de aço. Logo, considerando que as placas com materiais compósitos laminados reforçados por fibras apresentam menor peso e maior resistência à corrosão, dentre outras vantagens, pode-se afirmar que estes são excelente opção para uso na construção de estruturas navais e offshore, aeroespaciais e na construção civil.

Os resultados obtidos para deflexões e tensões são próximos aos encontrados em Helbig et al. (2013). Constatou-se também que o comportamento mecânico de placas compósitas laminadas reforçadas por fibras pode sofrer alterações significativas em função da disposição das lâminas e do número de camadas, o que justifica a continuação de pesquisas nesta área.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à FURG e à Profa Raquel Nicolette pela colaboração.

REFERÊNCIAS

Bower, M. V. **Composite Materials**. Huntsville, Alabama: The University of Alabama in Huntsville, 2000. 121 p.

Dassault Systemes. **Abaqus 2016 online documentation** [Computer software manual]. 2015. Disponível em: <<http://abaqus.software.polimi.it/v2016/books/usb/default.htm>>. Acessado em: Julho 09, 2018.

Helbig, D., Silva, C. C. C., Real, M. D. V., Vaz, J., Rocha, L. A. O., Santos, E. D., & Isoldi, L. A. **Análise Numérica do Comportamento Mecânico sob Flexão de Placas Finas de Material Compósito Laminado Reforçado por Fibras**. Vetor, v. 23, n. 2, p. 5–15, 2013.

Isoldi, L. A. **Análise Estática e Dinâmica de Estruturas e Materiais Compostos Laminados Incluindo Materiais Piezelétricos**. 197 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

Jones, R. M. **Mechanics of composite Materials**. 2^o ed. Blacksburg, Virginia: Taylor & Francis, 1999. 421 p.

Teixeira, A. R. P. **Design of a Composite Chassis Car**. 112 p. Dissertação (Mestrado). Universidade do Porto, 2014.

Timoshenko, S. P.; Woinowsky-Krieger, S. **Theory of plates and shells**. McGraw-hill, 1959. 591 p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abaqus 40, 41, 43, 46, 48

Agrupamento 81, 140, 169, 170, 175, 176

Aplicação 5, 6, 28, 31, 33, 34, 37, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 61, 68, 70, 80, 83, 89, 129, 135, 148, 150, 152, 157, 169, 174

Aplicativo móvel 1, 7, 88

Aprendizado online 98, 100

Aprendizagem 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 140, 147, 148, 149, 150, 154, 156

Aprendizagem colaborativa 89, 95, 140

Área de convergência 49, 50, 51, 52, 58, 60, 61, 62

Atenção visual 98, 101, 103, 106, 107, 110

Avaliação automática 148, 149

B

Banco de dados 8, 59, 66, 76, 77, 79, 81, 82, 84, 85, 86, 170, 182

Busca visual 98, 99, 100, 101, 102, 107, 110

C

Carteira estudantil 1

Celular 87, 88, 90, 91, 96, 179

Centrais de dados 49, 50, 54, 62

Coefficiente de impacto 125, 130, 138

Condicionamento de Ar 16

Custos 30, 31, 32, 36, 37

D

Design constructal 16, 18, 19, 28

Desvio funcional 76

Difuso 169

E

Efeitos dinâmicos 125, 126, 127, 130, 136, 137

Energias renováveis 16

Ensino 2, 34, 38, 63, 64, 74, 87, 88, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 148, 149, 156

Espectroscopia 112, 114, 115, 116, 118, 121, 122

Etilômetro 112, 113, 114, 116

Exercícios de programação 148, 156

Expressão gênica 169, 171, 174

G

Gestão pública 76, 85

I

Infravermelho 112, 114, 115, 116, 117, 118, 121

J

Java 53, 148, 149, 150, 151, 156

L

LIWC 140, 143, 144, 146

M

Materiais compósitos 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47

Mineração de textos 158, 166, 167

Mobile learning 87, 88, 89, 91, 93, 95, 96, 97

Modelagem computacional 16, 40, 42, 125, 138

Modelo de estilo de aprendizagem 63, 65, 69

Modelos de cargas móveis 125

Multivariado 169, 172, 176, 178

P

Pontes rodoviárias 125, 126, 138, 139

Processamento de linguagem natural 140, 159

Processo ensino-aprendizagem 63

R

Recomendação 63, 64, 67, 70, 71, 72, 73

Recurso educacional aberto 63, 64

Recursos humanos 76, 79, 86

Redes 7, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 81, 97, 158, 161, 167

Redes neurais sem peso 158

Robótica 98, 99, 100, 101, 110

S

Simulação 5, 13, 14, 40, 41, 43, 49, 50, 52, 54, 57, 58, 60, 61, 62, 68, 102

Simulação numérica 40, 41, 43

Sistemas de informação 76, 77, 79, 80, 86, 182

T

Tecnologia 1, 30, 32, 33, 34, 38, 39, 63, 90, 97, 112, 176, 182

Telefonia 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39

Transporte público 1, 2, 3, 5, 6, 7, 15

Trocadores de Calor Solo-Ar (TCSA) 16, 17

V

VoIP 30, 32, 33, 34, 38, 39

W

Whatsapp 87, 91, 96, 97

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-702-4



9 788572 477024