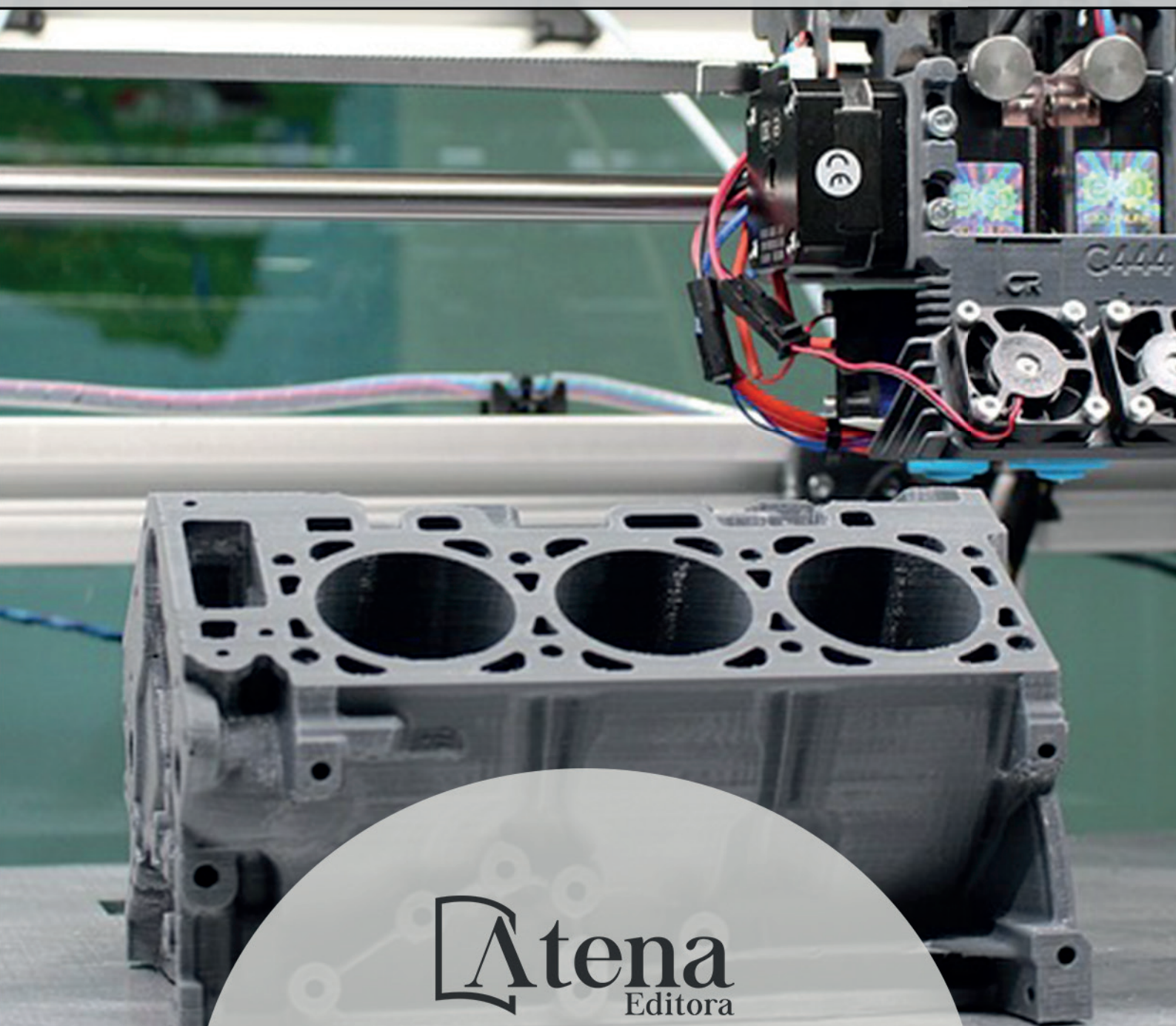


Engenharias Mecânica e Industrial: Projetos e Fabricação

Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



 **Atena**
Editora

Ano 2018

Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Engenharias Mecânica e Industrial: Projetos e Fabricação

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharias mecânica e industrial [recurso eletrônico] : projetos e fabricação / Organizadores Franciele Bonatto, Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN 978-85-85107-76-5
DOI 10.22533/at.ed.765180511

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica.
3. Produtividade industrial. I. Bonatto, Franciele. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Dallamuta, João.

CDD 670.427

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2018

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Surgida durante a Revolução Industrial na Europa no século XVIII, a Engenharia Mecânica de maneira sucinta, pode ser definida como o ramo da engenharia que se dedica a projetos, produção e manutenção de máquinas.

Nesta obra é conciliado estes dois fundamentos que são pilares na profissão de engenheiro mecânico; Projetos e fabricação. Felizmente é possível perceber que estes dois fundamentos da engenharia mecânica e industrial continuam sendo pontos fortes da formação de profissionais nesta área e dos docentes pesquisadores envolvidos neste processo.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de projetos e fabricação no âmbito da engenharia.

Trabalhos envolvendo caracterização de materiais são importantes para a execução de projetos dentro de premissas de desempenho e econômicas adequadas. Eles continuam a ser a base da formação do engenheiro projetista cujo ofício se fundamenta na correta escolha de materiais para o design do produto em concepção.

Dentro deste livro também são contemplados temas eminentemente práticos emissão de motores de combustão interna, bancadas didáticas de bombeamento, tuneis de vento além de problemas clássicos da indústria como tubulações e lubrificação.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

Boa leitura

Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E MICROESTRUTURAIS DO AÇO SAE 1020	
<i>Amadeu Santos Nunes Junior</i>	
<i>Rodrigo da Silva Miranda</i>	
<i>Adilto Pereira Andrade Cunha</i>	
CAPÍTULO 2	8
AJUSTE DE CURVAS DOS PARÂMETROS DE SOLIDIFICAÇÃO PARA AÇOS PRODUZIDOS POR LINGOTAMENTO CONTÍNUO	
<i>Lisiane Trevisan</i>	
<i>Juliane Donadel</i>	
<i>Bianca Rodrigues de Castro</i>	
CAPÍTULO 3	23
CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E DEFINIÇÃO DO PERCENTUAL DE CARBONO DE UM AÇO POR MEIO DA METALOGRAFIA QUANTITATIVA	
<i>Felipe Gomes dos Santos</i>	
<i>Lioudmila Aleksandrovna Matlakhova</i>	
CAPÍTULO 4	37
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE COMPÓSITOS SANDUÍCHE COM NÚCLEO DE MADEIRA Balsa MEDIANTE ENSAIO DE DOBRAMENTO TRÊS PONTOS	
<i>Denilson Pablo Cruz de Oliveira</i>	
<i>Renata Portela de Abreu</i>	
<i>Pedro Augusto Silva de Sousa</i>	
<i>Abimael Lopes de Melo</i>	
CAPÍTULO 5	46
AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA PELO MÉTODO DE PLACA QUENTE	
<i>Wênio Fhará Alencar Borges</i>	
<i>Eduardo Corte Real Fernandes</i>	
<i>Oyama Douglas Queiroz de Oliveira Filho</i>	
<i>Alex Maurício Araújo</i>	
CAPÍTULO 6	55
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA A PARTIR DA VARIAÇÃO NA REGULAGEM DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E EXAUSTÃO	
<i>Fernanda de Souza Silva</i>	
<i>Adriano Sitônio Rumão</i>	
<i>Marcos da Silva Gonçalves Júnior</i>	
<i>Daniel Lira da Silva Figueiredo</i>	
<i>Bráulio Alexandre Alves de Lima</i>	
CAPÍTULO 7	66
ANÁLISE DE EMISSÃO DE GASES DO MOTOR HORIZONTAL BRIGGS AND STRATTON INTEK 10 HP BAJA SAE	
<i>Bruno Silvano da Silva</i>	
<i>Daniel Willemam Trindade</i>	
<i>Elias Rocha Gonçalves Júnior</i>	
<i>Virgínia Siqueira Gonçalves</i>	
<i>Claudio Luiz Melo de Souza</i>	

CAPÍTULO 8 79

ROTEIRO TÉCNICO PARA CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA EM CÂMARAS FRIGORÍFICAS UTILIZADAS EM ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS

Ismael de Marchi Neto
Rodrigo Corrêa da Silva
Mateus de Souza Goulart
Rafael Sene de Lima
Ricardo de Vasconcelos Salvo

CAPÍTULO 9 97

UTILIZAÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA REFRIGERAÇÃO DE PARADAS DE ÔNIBUS EM TERESINA-PI

Wênio Fhará Alencar Borges
Armystron Gonçalves Ferreira Araújo
Alexsione Costa Sousa
Luciane Norberto Menezes de Araújo
Maria Onaira Gonçalves Ferreira

CAPÍTULO 10 108

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVA DE CURVA CARACTERÍSTICA DE BOMBA CENTRÍFUGA

Janio Marreiros Gomes,
Ighor Caetano Silva Ferreira,
Adriano do Amor Divino Guilhon Serra,
Paulo Roberto Campos Flexa Ribeiro Filho,
Wellington de Jesus Sousa Varella,
Thymisson Sousa da Paixão,

CAPÍTULO 11 120

Rafael Costa Da Silva
Luiz Carlos Cordeiro Junior
INTRODUÇÃO À ANÁLISES HIDRÁULICAS ATRAVÉS DO ESTUDO DO COMPRIMENTO CARACTERÍSTICO EM TUBULAÇÕES

CAPÍTULO 12 132

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM MINI TUNEL DE VENTO DIDÁTICO DE BANCADA EXPERIMENTAL PARA ESTUDOS AERODINÂMICOS

Diógenes Leite Souza
Fernando Lima de Oliveira

CAPÍTULO 13 151

ANÁLISE DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS NO MOTOR DO CARRO ARRANCADA

Paulo Rutenberg Madeira Santos
Higor Leandro Veiga da Silva

CAPÍTULO 14 158

ANÁLISE DO ESCOAMENTO DO ÓLEO BASE DE UMA GRAXA MINERAL EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CONTAMINAÇÃO

Ana Cláudia Marques
Bruno Henrique Viana Mendes
Jorge Nei Brito

CAPÍTULO 15 167

MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM MEIOS LÍQUIDOS NA OBTENÇÃO DE SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

Vagner dos Anjos Costa
Cochiran Pereira dos Santos

*Antonio Cardoso Ferreira
Jubiraí José Galliza Júnior
Fabrício Oliveira Silva
Fabio Santos de Oliveira
Silvio Leonardo Valença*

CAPÍTULO 16..... 179

ESTUDO EXPERIMENTAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE ONDAS E CORRENTES MARÍTIMAS

*Reginaldo Nunes da Silva
Patrícia do Nascimento Pereira
Fernando Lima de Oliveira*

CAPÍTULO 17 186

USO DO SENSOR HC – SR04 COM O ARDUINO UNO: UMA ANÁLISE DE ERROS DE MEDIÇÃO ENVOLVENDO AS BIBLIOTECAS ULTRASONIC E NEW PING

*Lucas Santin Bianchin
Rogério Bido
Vanessa Carina Dal Mago
Alexsander Furtado Carneiro*

CAPÍTULO 18..... 198

MODERNIZAÇÃO E ADEQUAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA ATRAVES DA IMPLANTAÇÃO DE REDE INDUSTRIAL E SISTEMA SCADA EM WINCC RT

*Fabrício Roosevelt Melo da Silva
Diego Antônio de Moura Fonseca
Andrés Ortiz Salazar*

SOBRE O ORGANIZADORES..... 213

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE COMPÓSITOS SANDUÍCHE COM NÚCLEO DE MADEIRA Balsa MEDIANTE ENSAIO DE DOBRAMENTO TRÊS PONTOS

Denilson Pablo Cruz de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)

Teresina - Piauí

Renata Portela de Abreu

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)

Teresina - Piauí

Pedro Augusto Silva de Sousa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)

Teresina - Piauí

Abimael Lopes de Melo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)

Teresina - Piauí

RESUMO: A pesquisa tem o propósito de analisar qualitativamente algumas propriedades da madeira balsa em seu estado original e associadas a dois tipos de fibra, como compósitos sanduíche. Esse tipo de material vem ganhando cada vez mais espaço em projetos que necessitam de estruturas leves e resistentes, porém, trata-se de materiais relativamente novos, sendo então importante a realização de ensaios para uma maior compreensão e conseqüentemente melhor uso do mesmo. Para o cumprimento deste estudo, os compósitos sanduíche foram confeccionados pelo processo de laminação

manual e submetidos a ensaios de dobramento com base na norma ASTM-C393. Através dos resultados de flexão máxima, foram calculados os valores do Módulo de Elasticidade e do Módulo de Resistência à Flexão e obtidos os gráficos força-deslocamento de cada ensaio. A partir destes resultados foi possível ter a constatação da melhora da madeira ao ser utilizada como compósito sanduíche e também fazer um comparativo entre as duas fibras no qual avaliou-se ainda o custo benefício de cada. **PALAVRAS-CHAVE:** madeira balsa, compósitos sanduíche, ensaio de dobramento

ABSTRACT: The research is intended to qualitatively analyze some of balsa wood properties in their original state and associated with two types of fiber, such as composite sandwich. This type of material is gaining more space in projects that require light and resistant structures, however, it is relatively new materials, and so important to conduct tests to a greater understanding and thus better use of it. To fulfill this study, composite sandwich were made by manual lamination process and subjected to bending tests based on ASTM C393 standard. Through the results of maximum flexion, it was calculated the values of the elastic modulus and the bending resistance module and obtained the graphics load-displacement of each test. From these results it was possible to improve

the realization of the timber to be used as a sandwich composite and also a comparison between the two fibers in which still evaluated the cost benefit of each.

KEYWORDS: balsa wood, composite sandwich, bending test.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo a ALMACO (2016), compósitos são materiais de moldagem estrutural, formados por uma fase contínua polimérica (matriz) e reforçada por uma fase descontínua (fibras) que se agregam físico-quimicamente após um processo de *crosslinking* polimérico (cura). São materiais que possuem a vantagem de ser possível projetar suas propriedades, além de geralmente apresentarem características superiores aos dos materiais metálicos, principalmente na relação resistência/massa. Por isto, possuem alta aplicabilidade nos mais diversos setores da indústria da mobilidade e da construção civil e, visando aprimorar os estudos na área de compósitos, considerados por algumas empresas o futuro da engenharia, definiu-se como relevante a análise de dobramento da balsa como núcleo de compósito do tipo painel em sanduíche. Para isso, adotou-se dois tipos de revestimentos: fibra de carbono e fibra de vidro.

Através dos ensaios de dobramento, serão obtidos os valores do Módulo de Elasticidade (relacionado à rigidez do material), como a razão entre a tensão aplicada e a deformação elástica resultante, e a Resistência à Flexão, que é a propriedade de um material de resistir à ruptura por flexão. Estas propriedades deverão ser adicionadas ao banco de dados do projetista, para que seja feita uma análise se o material atende ou não às necessidades do projeto.

O projeto SAE AeroDesign é um desafio lançado aos estudantes de Engenharia, cujo principal objetivo é propiciar a difusão e o intercâmbio de técnicas e conhecimentos de Engenharia Aeronáutica entre estudantes e futuros profissionais da engenharia da mobilidade (SAE Brasil). Tendo em vista os benefícios que uma competição desta ordem traz para os estudantes no quesito inovação tecnológica, este trabalho foi desenvolvido com o intuito de ampliar o que já se tem de conhecimento a respeito da madeira balsa, um dos materiais mais utilizados na construção de aeronaves rádio controladas.

2 | METODOLOGIA

Esta pesquisa se trata de uma análise qualitativa com base empírica. Desta forma, serão realizados ensaios mecânicos de dobramento 3 pontos em três tipos de corpos de prova: madeira balsa sem reforço, e como compósito sanduíche reforçado de fibra de carbono e de vidro.

2.1 Materiais

A madeira balsa, extraída do Pau-de-Balsa (*Ochroma pyramidale*), é um dos materiais mais utilizados na construção de aeronaves rádio controladas. Além de seu baixo peso específico (cerca de $0,17\text{g/cm}^3$), possui boas propriedades mecânicas, como pode ser observado na Tab. (1).

PROPRIEDADE	VALOR (MPa)
Resistência a Compressão	12,70
Módulo de Compressão	4098,93
Resistência a Tração	13,50
Resistência ao Cisalhamento	3,00
Módulo de Cisalhamento	165,96

Tabela 1. Propriedades da Madeira Balsa, segundo Nasseh (2007)

As fibras de vidro são produzidas a partir do vidro em forma líquida, resfriado a alta velocidade. As fibras são produzidas em uma variedade de composições químicas, cada uma delas exibindo diferentes propriedades mecânicas e químicas (Nasseh, 2007). Hoje, estas fibras são bastante conhecidas e amplamente utilizadas nos mais diversos meios, em virtude de sua baixa densidade, alta resistência mecânica e grande facilidade no manuseio.

As fibras de carbono, por sua vez, são produzidas pela oxidação controlada, carbonização e grafitação de precursores orgânicos de carbono, sendo que dentre todos eles a poliacrilonitrila é a mais usual (Nasseh, 2007a). Considerada de grande valor para a indústria, é apontado como o melhor dentre os materiais de reforço, apresentando propriedades mecânicas semelhantes às do aço, porém bem mais leve. Sua principal desvantagem é o elevado preço de mercado.

2.2 Dimensionamento dos Provetes

Para os testes de Dobramento Três Pontos, foi tomado como base a norma ASTM-C393 - *Standard Test Method for Core Shear Properties of Sandwich Constructions by Beam Flexure*. Nesta, são dadas duas opções para o dimensionamento dos provetes: medidas padrão e medidas não padrão. Visando a economia de material, foi optado por se trabalhar com medidas não padrão, as quais são esquematizadas na Fig. (1).

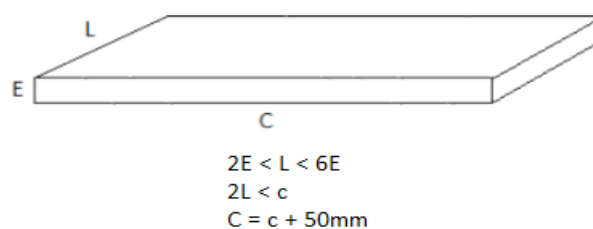


Figura 1. Esquematização do dimensionamento dos provetes, onde “E” representa a espessura, “L” a largura, “C” o comprimento final, e “c”, um comprimento intermediário para o cálculo

Sabendo que a espessura (E) da madeira balsa vale 4 mm, foi possível obter medidas da largura (L) e comprimento (C) respectivamente iguais a 23,5 e 130 mm. Foram confeccionados cinco corpos de prova de cada material. Um exemplo de cada tipo de provete pode ser observado na Fig. (2).

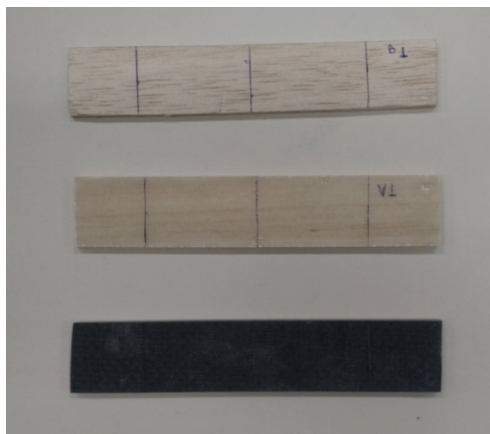


Figura 2. Corpos de Prova

2.3 Processo de Laminação

Para a confecção dos corpos de prova, foi adotado o Processo de Laminação Manual, que consiste na aplicação de resina sobre a camada de reforço que será impregnada no núcleo. A resina é espalhada uniformemente sobre a peça até que comece sua polimerização. Para a matriz polimérica, foi escolhido o conjunto Resina-Catalisador Redelease SQ 2001-SQ 3154.

2.4 Ensaio de Dobramento Três Pontos

No ensaio de dobramento, aplica-se uma força F na linha central do corpo de prova e perpendicular à sua superfície para a obtenção da deflexão máxima. A força é aplicada até que o material atinja o estado de ruptura. Desta forma, trata-se de um dos ensaios mais completos, uma vez que o corpo de prova é exposto a dois esforços: tração na parte inferior e compressão na parte superior.

Para a obtenção dos dados de Carga Máxima suportada e Deslocamento, aplicou-se uma força cisalhante na região central do plano superior do provete como mostra a Fig. (3), estando este devidamente apoiado por dois pontos móveis, representando uma viga bi apoiada. A distância do apoio até a borda do provete é de 25mm, como determina a norma ASTM-C393. A velocidade de deslocamento da força foi de 6 mm/min e o critério de parada utilizado nos ensaios foi, além do esmagamento do corpo de prova, o sinal de ruptura que a máquina emitia pelo software.

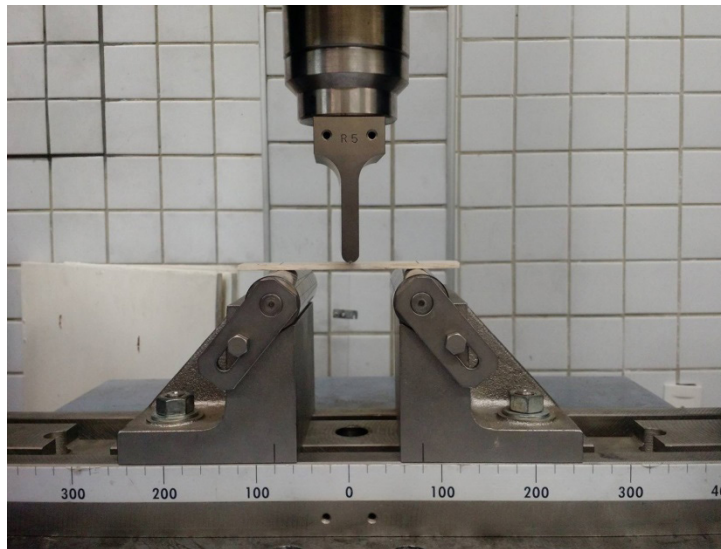


Figura 3. Ensaio de dobramento três pontos

Após a realização dos ensaios, foram gerados os resultados relacionados ao ponto de ruptura. Em seguida, foi calculado o Módulo de Resistência à Flexão e o Módulo de Elasticidade, respectivamente, com as Eq. (1) e (2).

$$\sigma = ((3 \times P_{\text{máx}} \times S) \div (2 \times b \times d^2)) \text{ [MPa]} \quad (1)$$

$$E = ((S^3 (P_2 - P_1)) \div (4 \times b \times d^3 (X_2 - X_1))) \text{ [MPa]} \quad (2)$$

Onde σ é a resistência a flexão (MPa), $P_{\text{máx}}$ a carga máxima (N), S a distância entre os apoios (mm), b a largura do corpo-de-prova (mm) e d a altura do corpo-de-prova (mm), E é o módulo de elasticidade (MPa), $(P_2 - P_1)$ o incremento de força na secção reta da curva força-deformação (N) e $(X_2 - X_1)$, o incremento do deslocamento a meio comprimento do provete.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados obtidos nos ensaios e, com auxílio das fórmulas do módulo de elasticidade e resistência à flexão fornecidas pela norma ASTM-C393, foi possível obter algumas propriedades de interesse de cada amostra, cujos resultados são apresentados na Tab. (2), a seguir.

Corpo de prova	Módulo de Elasticidade (MPa)			Resistência a Flexão (MPa)		
	Sem reforço	Vidro	Carbono	Sem reforço	Vidro	Carbono
1	5434,7826	11034,4828	23132,5301	27,6975	26,0115	60,4034
2	3551,1364	8000,0000	25263,1579	25,2388	35,1548	76,6039
3	3008,5634	5333,3333	25396,8254	20,2842	56,0641	62,5968
4	4166,6667	7619,0476	22456,1404	13,1317	21,8630	47,2307
5	2500,0000	14545,4545	20779,2208	12,8523	56,0641	46,3963
Média	3732,23	9306,46	23405,57	19,8409	39,0315	58,6462

Tabela 2. Propriedades dos provetes testados

A partir dos valores apresentados na Tab. (2), obteve-se uma média dos valores de cada propriedade. Para a madeira balsa sem reforço, verificou-se um módulo de elasticidade (E) em torno de 3800 MPa. Isto significa que a balsa, apesar de possuir boas propriedades em relação à compressão, apresenta rigidez à flexão relativamente baixa. No entanto, quando é realizada a combinação da balsa com fibras de revestimento gerando um painel sanduíche, nota-se um resultado vantajoso.

Ao serem analisadas como compósito sanduíche, as peças de madeira balsa com fibra de vidro e de carbono tiveram uma melhora de 2,5 e 6 vezes, respectivamente, no valor de módulo de elasticidade da peça como compósito natural. Também, para o valor de resistência à flexão foi observado um aumento respectivo de 2 e 3 vezes para os laminados de vidro e carbono.

Desta forma, através da combinação do núcleo de madeira balsa com as fibras de vidro e carbono, foi possível confirmar com os valores obtidos nos ensaios, a relação “simbiótica” existente entre núcleo e revestimento. Embora não se tenha obtido valores demasiadamente elevados de resistência à flexão, notou-se que ao ser empregado como compósito sanduíche, o material passou a se deformar menos até atingir a ruptura. Ou seja, as peças não suportam elevados esforços, porém apresentam boa rigidez ao serem solicitadas.

Através da análise dos gráficos mostrados na Fig. (4), foi possível observar que o material se rompe logo após atingir a força máxima suportada, ou seja, caracteriza-se como um material rígido. Esta propriedade faz com que a aplicabilidade do material seja restringida, principalmente quando se tratar de situações em que ocorram esforços bruscos.

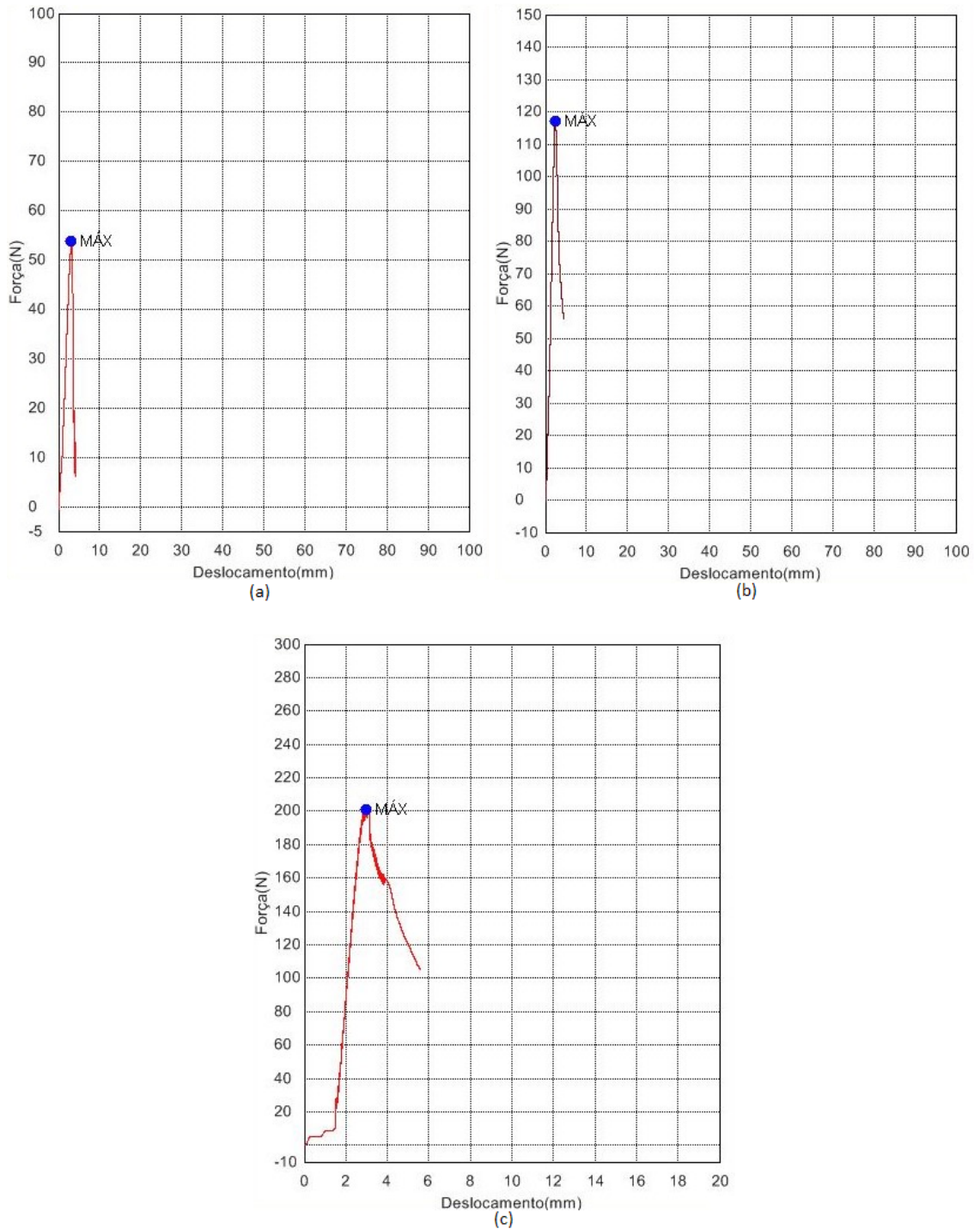


Figura 4. Curvas força-deslocamento obtidas através do ensaio de dobramento com madeira balsa sem reforço (a), com reforço de fibra de vidro (b) e fibra de carbono (c).

Entretanto, na análise dos corpos de prova pós-ensaio notou-se que, além da adição de reforços de fibra terem provocado um aumento no limite de resistência à flexão no painel, provocaram certa elasticidade pós-ruptura. Todos os corpos de prova de madeira balsa sem reforço romperam dividindo-se em duas partes, como pode ser observado na Fig. (5a). Porém, os sanduíches reforçados com fibras de vidro e carbono sofreram apenas o esmagamento na região onde a força foi aplicada e mantiveram-se unidos, conforme também pode ser observado na Fig. (5b) e (5c).

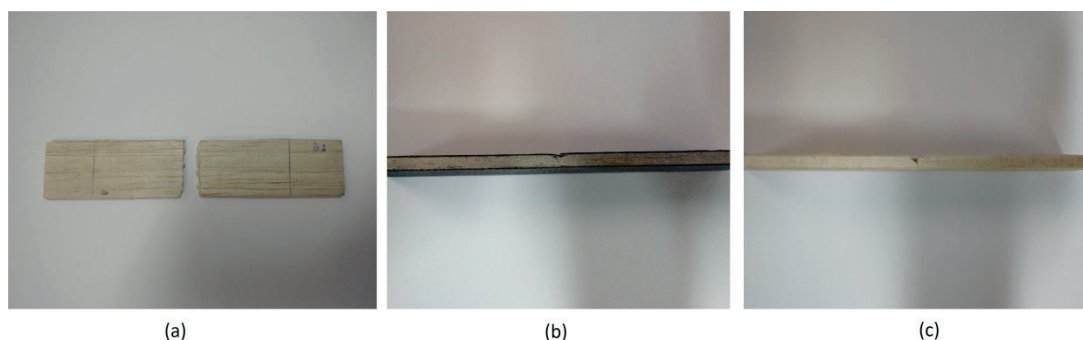


Figura 5. Corpos de prova de madeira balsa sem reforço (a), com reforço de fibra de carbono (b) e com reforço de fibra de vidro (c).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos ensaios mostraram uma grande vantagem da fibra de carbono em relação à de vidro, a qual apresentou valores de Módulo de Elasticidade e de Resistência à Flexão bem superiores, com destaque ainda para a baixa densidade da fibra de carbono. No entanto, em projetos com baixo orçamento, este possui certa desvantagem devido seu alto custo, diferente da fibra de vidro, material bem mais acessível economicamente.

Tendo em vista que nos corpos de prova a falha ocorria primeiramente na face superior na qual sofria compressão e depois, de forma mais branda, na face inferior que era tracionada, pode-se constatar que as fibras possuem menor capacidade de resistência quando comprimidas do que quando submetidas a esforços de tração.

Comparando os resultados obtidos com os dados existentes de estruturas sanduiche com núcleo de honeycomb, cujas medias de modulo de elasticidade quando reforçadas por fibra de carbono e de vidro se encontra na faixa de 3000 e 2000 Mpa respectivamente, e resistência a flexão para os mesmos reforços por volta de 30 e 23 Mpa, conclui-se que, devido a sua rigidez, compósitos com núcleo de madeira balsa são as opções mais adequadas para confecção de placas planas rígidas.

Vale ressaltar que a balsa é um compósito natural, e não um produto fabricado com características predeterminadas. Desta forma, o que se pode obter com esta pesquisa é uma previsão de carga suportada ao invés de uma certeza, resultando em uma dificuldade haja vista que os resultados dos ensaios exibiram certa variância.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradece-se ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – Campus Teresina Central pelo apoio na realização da pesquisa e ao mestrando Elton Santos Dias Sales pelo auxílio com os ensaios.

6 | DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso contido neste artigo.

REFERÊNCIAS

ALMACO, 2016, “**Compósitos**”. Disponível em: <<http://www.almaco.org.br/compositos.cfm>> Acesso em: 20 jun. 2016.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM, 2012, “*Standard Test Method for Core Shear Properties of Sandwich Constructions by Beam Flexure - ASTM-C393*”. West Conshohocken, PA, USA.

Nasseh, J. 2007, “**Métodos Avançados de Construção em Composites**”, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 51-68.

SAE Brasil. Aerodesign. 20 jun 2016 < <http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/sae-brasil-aerodesign>>

SOBRE OS ORGANIZADORES

Franciele Bonatto Professora assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação e mestrado em engenharia de produção pela UTFPR e doutorado em andamento em Engenharia de Produção pela mesma universidade. Trabalha com os temas: gestão da qualidade, planejamento e controle da produção e cadeia de suprimentos.

Henrique Ajuz Holzmann Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

João Dallamuta Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-76-5

