

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO EM TRAÇÃO DAS FIBRAS DE GUARUMÃ*

Raphael Henrique Morais Reis¹

Larissa Fernandes Nunes²

Flávio James Humberto Tommasini Vieira Ramos³

Lúcio Fabio Cassiano Nascimento⁴

Sergio Neves Monteiro⁵

Resumo

Os compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras naturais estão sendo amplamente pesquisados, principalmente, em sistemas de blindagem multicamada. Por outro lado, novas fibras naturais têm, cada vez mais, surgido no meio científico, como as fibras de guarumã encontradas em regiões de várzea no estado do Pará. Apesar de amplamente utilizadas em artesanatos as fibras de guarumã foram pouco exploradas pela academia, particularmente, como material de reforço em compósitos. Assim sendo, foram investigados neste trabalho as propriedades em tração das fibras de guarumã, seguindo a norma técnicas ASTM C1557. Os resultados apresentaram, pela primeira vez na literatura, valores numéricos quanto ao limite de resistência, módulo de elasticidade e extensão máxima dessa fibra. Em suma, as fibras de guarumã tiveram os seus resultados comparados com outros trabalhos sobre as propriedades mecânicas de outras fibras, concluindo que essas fibras possuem potencial mecânico satisfatório, comparável às fibras de sisal.

Palavras-chave: Fibras naturais; Ensaio de tração; Fibra de Guarumã; ASTM C1557.

EVALUATION OF MECHANICAL BEHAVIOR IN DRAINAGE OF GUARUMÃ FIBERS

Abstract

Polymer matrix composites reinforced with natural fibers are being extensively researched, mainly in multilayer shield systems. On the other hand, new natural fibers have increasingly appeared in the scientific environment, such as guarumã fibers found in varzea regions in the state of Pará. Although widely used in handicrafts guarumã fibers were little explored by academia, particularly, as reinforcing material in composites. Thus, the tensile properties of guarumã fibers were investigated in this work, following the standard ASTM C1557 techniques. The results presented, for the first time in the literature, numerical values regarding the resistance limit, modulus of elasticity and maximum extension of this fiber. In summary, guaruman fibers had their results compared to other studies on the mechanical properties of other fibers, concluding that these fibers have satisfactory mechanical potential, comparable to sisal fibers.

Keywords: Natural Fiber; Tensile Test; Guaruman Fibers; ASTM C1557.

¹ Engenheiro Metalurgista, Mestrando em Ciência dos Materiais, Departamento de Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Brasil.

² Engenheiro(a) Metalurgista, M.Sc, Doutorando(a) em Ciência dos Materiais, Departamento de Ciência de Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Brasil.

³ Desenho Industrial – Projeto de Produto, Pós doutor, pesquisador, Departamento de Ciência de Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Brasil.

⁴ Engenheiro Metalúrgico, D.Sc, Professor Titular do PGCM e Professor/Coordenador da Graduação, Departamento de Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Brasil.

⁵ Engenheiro Metalúrgico, PhD em Materials Science And Engineering, Professor do Convitado da PGCM, Depto. de Ciência dos Materiais. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O crescente interesse por novos materiais com propriedades diferenciadas têm destacado, principalmente, nas publicações científicas atuais os materiais compósitos [1-5]. Basicamente, compósitos são um conjunto de materiais formados a partir da união entre dois ou mais materiais. Em outras palavras, os materiais compósitos possuem uma matriz podendo essa ser metálica, cerâmica ou polimérica englobando os elementos de reforço, tais como, partículas, fibras ou tecidos [5,6]. O material compósito final obtém propriedade proporcionais aos elementos que o compõem, ou seja, sua propriedade final é a mistura das propriedades dos demais componentes usados em sua fabricação [7].

Sistemas de Blindagem Multicamada (SBMs) tem a finalidade de proteger veículos e indivíduos contra o disparo de munições balísticas, em destaque, munições com alta poder de impacto [8]. Não muito distante, blindagens com foco em munições de alto impacto, comumente, utilizam materiais sintéticos avançados de alto custo, como carboneto de boro, polietileno de ultra alto peso molecular (PEUAPM) e tecidos das fibras de aramida. Entretanto, opções mais econômicas têm sido desenvolvidas utilizando materiais alternativos como a alumina, substituindo o carbeto de boro, e compósitos reforçados com fibras naturais, substituindo PEUAPM [8,9].

Historicamente, as fibras sintéticas tiveram, e ainda têm, um bom potencial para confecção de compósitos devido às suas propriedades específicas [10]. Por outro lado, as fibras naturais lignocelulósicas (FNLs), além de possuírem propriedades mecânicas comparáveis às fibras sintéticas, são baratas, biodegradáveis, possuem baixa massa específica, e não são abrasivas o que as tornam uma excelente opção como elementos de reforço em compósitos [4,10,11]. Sendo assim, torna-se imprescindível conhecer as características das FNLs, sobretudo, suas propriedade físicas que estão diretamente ligados ao seu desempenho mecânico e balístico [12].

Por outro lado, a fibra de guarumã, cientificamente conhecida como *Fischinosiphon Koern*, tem sido recentemente pauta no meio científico [13], porém ainda pouco explorada. Segundo Reis [14], essas fibras, diferente das demais, possui uma seção transversal provavelmente, retangular, ou seja, as fibras retiradas do caule, da planta de guarumã, não possuem um formato cilíndrico comumente visto em FNLs. Logo, a investigação mais detalhada das fibras de guaruman seja para encontrar ou confirmar as propriedade e, ou, peculiaridades dessas fibras é requerida.

O método mais, comumente, utilizado para a avaliação das propriedades mecânicas dos materiais e o ensaio de tração[15]. Os principais resultados obtidos por esse ensaio são o módulo de elasticidade, ou Young, assim como, os limite de resistência à tração [16]. Basicamente, a normas técnicas utilizadas no ensaio de tração para a avaliação isolada das fibras naturais é a ASTM C1557 [16] . O interessante na execução desse ensaio, além da avaliação do comportamento mecânico dos materiais quando submetidos a esforços de tração, é poder estimar o comportamento final dessas fibras quando integrada a matriz em compósitos.

Desta forma, no trabalho desenvolvido, buscou-se analisar o comportamento mecânico, através de esforços trativos, das fibras de guarumã. O objetivo secundário, foi comparar os valores obtidos pelos ensaio de tração desse trabalho

com outros anteriores, principalmente, aos materiais compósitos voltados a SBM. Resumidamente, os resultados indicaram que as fibras de guarumã possuem grandes chances de serem promissoras como material de reforço em compósitos voltados a SBMs.

2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado no Departamento de Ciência dos Materiais do Instituto Militar de Engenharia (IME) em conjunto com o Laboratório de Ensaio Não Destrutivo, Corrosão e Soldagem (LNDC) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

2.1 Materiais e Métodos

As fibras de guarumã foram obtidas através da remoção manual do caule de guarumã numa quantidade de, aproximadamente, dez fibras. Cada fibra teve seus diâmetros avaliados em 5 diferentes pontos, igualmente espaçados, em dois ângulos, 0 e 90 graus. Os diâmetros obtidos foram processados através de uma planilha eletrônica calculando assim o diâmetro médio de cada fibra. As medições foram realizadas por um microscópio óptico.

A princípio, a preparação das amostras de tração foram adaptadas seguindo as orientações da norma ASTM C1557 [16]. As fibras foram separadas e numeradas de acordo com seus diâmetros médios. Posteriormente, foram confeccionadas 20 molduras feitas com papel tipo gofrata de gramatura média (180 g/m³). As molduras, por sua vez, possuíam forma retangular, externa e internamente, como pode ser visto na Figura 1(a), suas dimensões externas eram de 80 mm de comprimento por 60 mm de largura, em contrapartida, as dimensões internas eram de 40 mm de comprimento por 20 mm de largura. Por fim, as amostras de fibra foram selecionadas, por sua numeração, e com o auxílio de uma cola instantânea presas entre duas molduras, posteriormente, marcadas pelo números correspondente a fibra colada. A figura 1 (b) ilustra o aspecto final das amostras preparadas para o ensaio de tração.

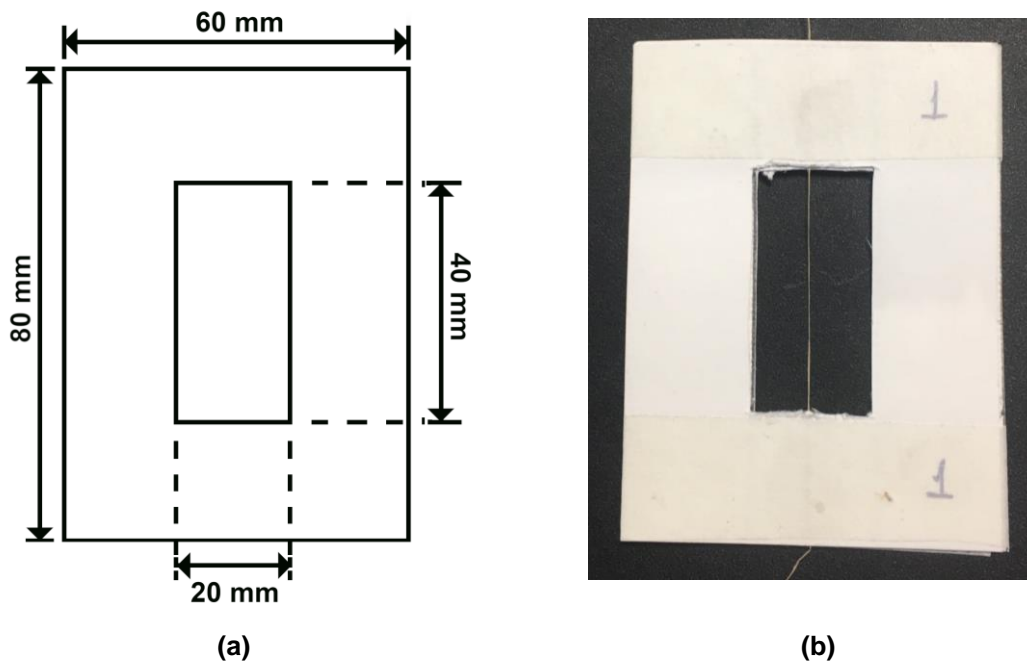


Figura 1. Modelo do Corpo de Prova baseado na norma ASTM C1557 quanto: (a) Dimensões e (b) Aspecto Final.

Os ensaios de tração foram realizados no LNDC da UFRJ. O ensaio foi realizado a uma taxa de tração de 2 mm/min. As amostras foram acopladas ao equipamento com garras em cunha e posteriormente ensaiadas. É importante frisar que para o ensaio das fibras, após acoplar as amostras no equipamento, deve-se cortar as abas da moldura para a correta aferição da propriedade em tração da fibra. Além disso, deve-se informar o diâmetro médio dessa fibra ao software do equipamento. Ao final, os dados são gerados, processados e analisados via software, fornecendo o relatório final do ensaio.

2.2 Resultados e Discussões

Dos dez CP's preparados para o ensaio de tração apenas nove puderam ser avaliados. Logo, o ensaio gerou nove gráficos ilustrados pela Figura 2 (a) e (b) referentes a tensão e a extensão máxima encontrada para cada amostra. As fibras que alcançaram maiores valores de tensão foram as fibras 5 e 6. Coincidentemente, essas fibras continham os maiores diâmetros médios quando comparadas às demais fibras ensaiadas. Porém, assim como era esperado, a extensão apresentada pelas fibras foram extremamente baixas, comportamento comum no ensaio de tração em fibras naturais [13]. Provavelmente, as fibras ensaiadas com diâmetros espessos sejam aglomerados de fibras de guarumã, ou seja, fibras espessas necessitam de maiores tensões trativas para o rompimento porque, apesar da provável maior quantidade de impurezas em sua superfície, possuem um maior número de microfibrilas em sua composição [17,18].

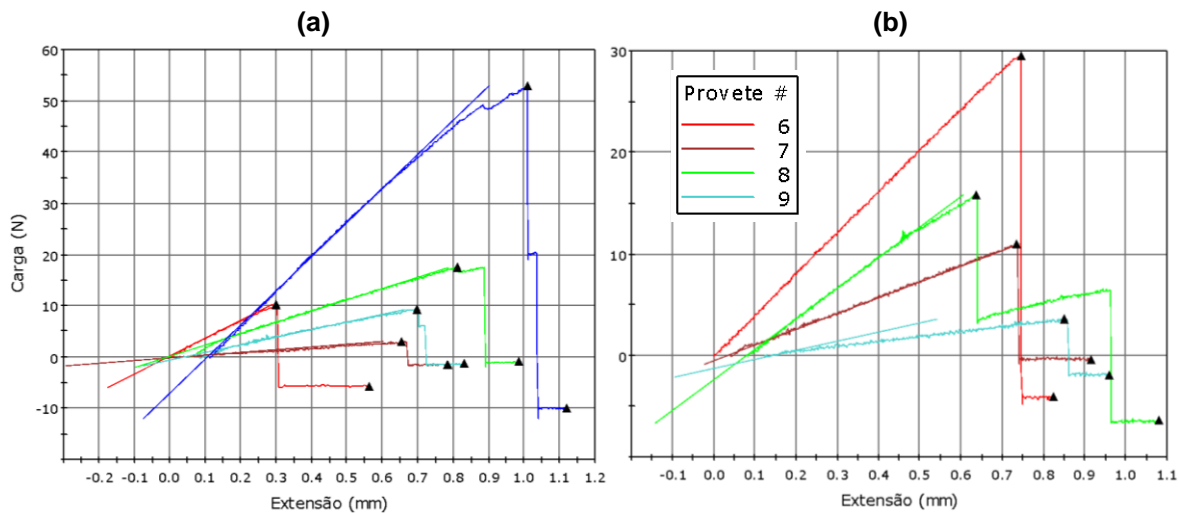


Figura 2. Gráfico da tensão versus extensão gerado pelo ensaios de tração das fibras de guarumã.

Entretanto, quando são analisados os módulos de elasticidade dessas fibras há uma inversão na relação entre a grandeza obtida e o diâmetro. Em outras palavras, os melhores resultados relacionados ao módulo de elasticidade foram das fibras com menores diâmetros médios [19]. A Tabela 1 descreve os principais resultados obtidos pelo ensaio de tração para cada amostra. Observe os resultados obtidos pelas fibras 2 e 9, apresentados pela Tabela 1, do diâmetros médio são os menores entre as demais fibras, entretanto, os valores alcançados por essas fibras quanto à sua resistência à tração e módulo de elasticidade são os maiores. Esse tipo de relação é comumente encontrado nos ensaios de tração em fibras naturais [19,20] e deve-se, principalmente, por seus componentes cristalino (celulose) e amorfo (Lignina) [19]. De forma geral, fibras com menor espessura são compostas por uma maior quantidade de celulose, em contrapartida, fibras com maior espessura possuem parcelas maiores de Lignina reduzindo o seu desempenho mecânico[19].

Tabela 1. Comparação dos resultados obtidos no ensaio de tração pelo diâmetro médio.

CP	Diâmetro médio (μm)	Tensão (N)	Resistência à Tração (MPa)	Deformação Máxima (%)	Módulo de Elasticidade (GPa)
1	321	10,2	125,22	1,5	8,53
2	57	3,05	1192,23	3,12	42,2
3	245	17,6	372,87	3,77	9,39
4	206	9,39	281,06	3,05	9,06
5	323	52,9	646,8	4,47	16,2
6	192	29,5	1018,42	3,73	-
7	206	11,1	332,69	3,47	9,32
8	213	15,9	446,87	2,77	16,9
9	65	3,63	1108,01	3,63	55,1

Resultados cujo o valor numérico não foi conclusivo serão sinalizados por (-).

Baseado na literatura [3, 4, 21], é possível estimar que as propriedades mecânicas das fibras de guarumã tiveram resultados promissores. Quando comparada a outras fibras naturais, a fibra de guarumã apresenta resultados satisfatórios quanto à sua resistência à tração e módulo de elasticidade. Na Tabela 2 é possível avaliar estatisticamente os resultados de resistência à tração, módulo de elasticidade e deformação máxima à tração das fibras de guarumã.

Tabela 2. Principais resultados obtidos no ensaio de tração.

Propriedade	Valor médio	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
Limite de Resistência à Tração (MPa)	613,8	397,6	64,6
Módulo de Elasticidade (GPa)	20,9	17,8	85,3
Deformação à Tração (%)	3,28	0,83	25,3

Em primeira análise, a resistência à tração média das fibras de guarumã possuem um valor maior que o de muitas outras fibras, tais como, as fibras de coco [3,4,15,21,22], bagaço de cana de açúcar [4], bambu [4,22] e buriti [4]. Além disso, sua resistência mecânica é aproximadamente igual às fibras de cânhamo [4,21,22] e sisal [4,20,21,22,23]. Entretanto, o guarumã ainda possui resistência mecânica menor que a fibra de curauá [4,23].

O módulo de elasticidade, por sua vez, supera os de muitas outras fibras, tais como, a de piaçava, bagaço e coco [4,22,23]. Analogamente ao resultado de resistência à tração, o módulo de elasticidade das fibras de guarumã apresentam valores similares às fibras sisal [3,4,20,21,22,23]. Embora que ainda haja fibras como o ramie e o curauá que possuem valores superiores ao módulo de elasticidade médio do que o guarumã [4,21,22,23], considerando o desvio padrão, é possível considerar que as fibras de guarumã podem ter um desempenho mecânico, relativamente, próximo às fibras citadas.

A Tabela 2, anteriormente citada, detalha estatisticamente os resultados de resistência à tração, módulo de elasticidade e deformação máxima das fibras de guarumã, considerando o desvio padrão e o coeficiente de Variação. Nesse sentido, os resultados estatísticos mostram que, fora o resultado de deformação à tração, os demais grandezas trazem uma grande heterogeneidade de resultados entre as fibras [24,25]. Portanto, pode-se concluir a necessidade de um estudo mais profundo, com uma quantidade superior de corpos de prova, sobre o ensaio de tração para as fibras de guarumã.

3 CONCLUSÃO

Resumidamente, as fibras de guarumã englobavam resultados relevantes quanto ao seu comportamento mecânico, muito similar às principais fibras naturais usadas como reforço em compósitos. Especificamente, essas fibras indicaram ter uma resistência à tração em uma faixa de 125 a 1192 MPa com um valor médio de 613,8 MPa, além disso, seu módulo de elasticidade variou em torno de 8,53 a 55,1 GPa com um valor médio de 20,9 GPa. De fato, os números apresentados mostram-se promissores, até mesmo, em comparação com fibras como curauá [4,23]. Entretanto, a maior afinidade, quanto ao desempenho mecânico, das fibras de guarumã, certamente, foi com as fibras de sisal [3,4,20,21,22,23], obtendo valores similares de resistência à tração e módulo de elasticidade. A análise estatística mostrou a necessidade de uma investigação mais aprofundada com elevados índices de desvio padrão e coeficiente de variação. Logo, conclui-se que o presente trabalho, apesar de inédito quanto ao comportamento mecânico dessa fibra, trata-se de um estudo preliminar, necessitando de uma investigação mais profunda com maiores quantidades de amostras.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Departamento de Ciência dos Materiais do IME, ao Laboratório de Ensaios Não Destrutivos, Corrosão e Soldagem da UFRJ e principalmente às agências de fomento, CAPES CNPq e Faperj.

REFERÊNCIAS

- 1 Crocker J. Natural Materials. *Materials Technology*. 2008;23(3):174-178.
- 2 Faruk O, Bledzki AK, Fink HP, Sain M. Progress report on natural fiber reinforced composites. *Macromolecular Materials and Engineering*. 2014 Jan;299(1):9-26.
- 3 Mohanty AK, Misra M, Drzal LT. Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world. *Journal of Polymers and the Environment*. 2002 Apr 1;10(1-2):19-26.
- 4 Monteiro SN, Lopes FP, Barbosa AP, Bevitori AB, Da Silva IL, Da Costa LL. Natural lignocellulosic fibers as engineering materials—an overview. *Metallurgical and Materials Transactions A*. 2011 Oct 1;42(10):2963.
- 5 Chawla KK. *Composite materials: science and engineering*. Springer Science & Business Media; 2012 Sep 26.
- 6 ASTM D. 3878-02, Standard Terminology for Composite Materials. *Annual book of ASTM standards*.;15.
- 7 Yang HH. *Kevlar aramid fiber*. Wiley; 1993 Mar 2.
- 8 Von Blücher H, inventor; Bluecher GmbH, assignee. Ballistic protection material and use thereof. United States patent application US 15/999,322. 2019 Feb 14.
- 9 Matchen B, Robertson D, Scott J, inventors; Norton Research Corp Canada Ltd, assignee. Boron carbide ballistic armor modified with copper. United States patent US 3,730,827. 1973 May 1.
- 10 Woo SC, Kim TW. High-strain-rate impact in Kevlar-woven composites and fracture analysis using acoustic emission. *Composites Part B: Engineering*. 2014 Apr 1;60:125-36.
- 11 Young RA. *Utilization of natural fibers: characterization, modification and applications*. Lignocellulosic-plastics composites. 1997.
- 12 Satyanarayana KG, Arizaga GG, Wypych F. Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers—An overview. *Progress in polymer science*. 2009 Sep 1;34(9):982-1021.
- 13 Bhatnagar A, editor. *Lightweight ballistic composites: military and law-enforcement applications*. Woodhead Publishing; 2016 Apr 19.
- 14 Reis RHM, Cândido VS, Nunes LF, Monteiro SN. Chemical and Morphological Characterization of Guaruman Fiber. In *Green Materials Engineering 2019* (pp. 107-113). Springer, Cham.
- 15 Bledzki AK, Gassan J. Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in polymer science*. 1999 May 1;24(2):221-74.
- 16 ASTM C1557-14. Standard test method for tensile strength and young's modulus of fibers.
- 17 Abdal-Hay A, Suardana NP, Choi KS, Lim JK. Effect of diameters and alkali treatment on the tensile properties of date palm fiber reinforced epoxy composites. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. 2012 Jul 1;13(7):1199-206.
- 18 Rao KM, Rao KM. Extraction and tensile properties of natural fibers: Vakka, date and bamboo. *Composite structures*. 2007 Feb 1;77(3):288-95.
- 19 Abdal-Hay A, Suardana NP, Choi KS, Lim JK. Effect of diameters and alkali treatment on the tensile properties of date palm fiber reinforced epoxy composites. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. 2012 Jul 1;13(7):1199-206.

- 20 de Andrade Silva F, Chawla N, de Toledo Filho RD. Tensile behavior of high performance natural (sisal) fibers. *Composites Science and Technology*. 2008 Dec 1;68(15-16):3438-43.
- 21 Mohanty AK, Misra MA, Hinrichsen GI. Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. *Macromolecular materials and Engineering*. 2000 Mar 1;276(1):1-24.
- 22 Peças P, Carvalho H, Salman H, Leite M. Natural fibre composites and their applications: a review. *Journal of Composites Science*. 2018 Nov 17;2(4):66.
- 23 Fidelis ME, Pereira TV, Gomes OD, de Andrade Silva F, Toledo Filho RD. The effect of fiber morphology on the tensile strength of natural fibers. *Journal of Materials Research and Technology*. 2013 Apr 1;2(2):149-57.
- 24 Altman DG, Bland JM. Standard deviations and standard errors. *Bmj*. 2005 Oct 13;331(7521):903.
- 25 Brown CE. Coefficient of variation. In *Applied multivariate statistics in geohydrology and related sciences 1998* (pp. 155-157). Springer, Berlin, Heidelberg.