

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DA FIBRA DE PIAÇAVA EM FORMA DE RESÍDUO*

*Juliana Peixoto Rufino Gazem de Carvalho¹
Anna Carolina Cerqueira Neves²
Felipe Perissé Duarte Lopes³
Eduardo Atem de Carvalho⁵
Sérgio Neves Monteiro⁴
Carlos Maurício Fontes Vieira⁵*

Resumo

A indústria de vassouras consome grande quantidade de fibra de piaçava, porém, do lote recebido, grande parte é descartada como lixo por não conter a dimensão mínima necessária para obtenção do produto final. A partir da detecção deste descarte, houve o interesse acadêmico em caracterizar este resíduo com o intuito de aproveitá-lo como substituto das fibras sintéticas utilizadas em materiais compósitos poliméricos. Os compósitos são materiais com uso versátil, presente na maioria dos produtos atuais. Os benefícios dessa substituição são enormes tendo em vista o baixo custo, biodegradabilidade e não toxicidade dessas fibras. Além disso podem ser criados produtos mais leves e ecoamigáveis, quando as fibras forem utilizadas em conjunto com resinas naturais. Logo, este trabalho tem como objetivo caracterizar a fibra de piaçava obtida em forma de resíduo de uma fábrica de vassouras localizada na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ. Para o estudo, o lote de fibras foi caracterizado utilizando-se projetor de perfil e, posteriormente, foi realizado o ensaio de resistência à tração visando o conhecimento de sua tensão máxima e módulo de elasticidade. Por último, as superfícies de fratura foram analisadas utilizando-se a microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram que a fibra possui grande rugosidade, baixa densidade, resistência à tração de aproximadamente de 88MPa e módulo de elasticidade aproximado de 3,50GPa.

Palavras-chave: Fibra de piaçava; Densidade; Resistência à tração.

ANALYSIS OF TENSILE STRENGTH OF PIASSAVA FIBERS WASTE

Abstract

The broom industry consumes a large amount of piassava fiber, but of the fibers received, much is discarded as waste because it does not contain the minimum size necessary to obtain the final product. From the detection of this disposal, there was the academic interest in characterizing this waste in order to use it as a substitute for synthetic fibers used in polymer composite materials. Composites are versatile materials present in most current products. The benefits of this substitution are enormous given the low cost, biodegradability and non-toxicity of these fibers. In addition, lighter and more eco-friendly products can be created when the fibers are used in conjunction with natural resins. Therefore, this work aims to characterize the piassava fiber obtained as waste from a broom factory located in Campos dos Goytacazes-RJ. For the study, the fibers were characterized using the profile projector and, afterwards, the tensile strength test was performed aiming at the knowledge of their maximum tension and modulus of elasticity. Finally, the fracture surfaces were analyzed using scanning electron microscopy. The results showed that the fiber has great roughness, low density, tensile strength of approximately 88.00MPa and elastic modulus of approximately 3.50GPa.

Keywords: Piassava fiber; Density; Tensile strength.

- ¹ *Doutoranda em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, LAMAV, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro - Brasil.*
- ² *Mestranda em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, LAMAV, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro - Brasil.*
- ³ *Pós doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais, Pós-Doutorando, LAMAV, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro - Brasil.*
- ⁴ *Professor PhD, IME, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Brasil.*
- ⁵ *Professor, LAMAV, UENF, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro - Brasil..*

1 INTRODUÇÃO

Devido à crescente preocupação com os impactos ambientais causados pela sociedade, novos materiais ecologicamente corretos estão sendo desenvolvidos e descobertos. Neste contexto, em materiais compósitos poliméricos, as Fibras Naturais Lignocelulósicas (FNLs) aparecem como uma opção para substituir as fibras sintéticas (FS). Dentre as desvantagens das FS destaca-se o alto custo, maior densidade e tóxicas devido aos materiais utilizados em seu processamento. Além disso, a combinação das FNLs com resinas poliméricas vegetais introduzem no mercado a tendência para utilização de materiais compósitos totalmente eco-amigáveis. Esses novos materiais têm sido estudados com aplicações voltadas para diversas áreas, desde automobilística, aeronáutica até a construção civil [1-6].

As FNLs são abundantes em nosso planeta e possuem vantagens por serem biodegradáveis, recicláveis e neutras com relação à emissão de dióxido de carbono, que são associados ao aquecimento global e ao efeito estufa [7-9]. De fato, compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais tradicionais, como coco, sisal, juta, cânhamo, etc, já estão no mercado em substituição a alguns componentes comuns que utilizam fibras sintéticas [10-12]. Além dos benefícios citados, as FNLs mostram-se melhores também nos aspectos técnicos por serem mais macias e, conseqüentemente, menos abrasivas aos equipamentos de processamentos, fator de interesse para a indústria [8,13].

Logo, o objetivo deste trabalho foi investigar as propriedades e características do resíduo de piaçava para a confecção de compósitos poliméricos ecologicamente corretos. Portanto, a fibra foi analisada quanto aos aspectos morfológicos, físicos e mecânicos, uma vez que são descartes de uma fábrica de vassouras.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

As fibras foram recolhidas em forma de resíduo da fábrica de vassouras localizada em Campos dos Goytacazes-RJ e encaminhadas para o LAMAV/UENF para a sua caracterização (Fig. 1).



Figura 01. a) Fábrica de vassouras e fibras inutilizadas no chão; b) Fibras de Piaçava.

A análise dimensional para caracterização das fibras foi realizada removendo aleatoriamente 100 amostras. As medidas de diâmetro foram realizadas em um projetor de perfil da marca Nikon, modelo 6C, mostrado na Figura 2, disponível no

LAMAV/UENF. Foram realizadas 5 medições e, logo após, as fibras foram giradas em 90° para novas medições. Isto foi importante para obter-se uma média e assim, determinar-se a densidade das fibras.



Figura 02. Fibra sendo medida no projetor de perfil.

Antes do ensaio mecânico, as fibras da piaçava foram também analisadas quanto à morfologia microestrutural pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), utilizando-se o microscópio modelo Super Scan SSX, Shimadzu, disponível no LAMAV/UENF.

Com o objetivo de determinar as propriedades mecânicas da fibra, foi investigada sua propriedade de resistência à tração em uma máquina universal Instron modelo 5582 do LAMAV/UENF, velocidade de 2,0 mm/min e capacidade de 100 kN. A preparação dos corpos de prova para o ensaio teve como base as recomendações da norma ASTM D3822-07 [14].

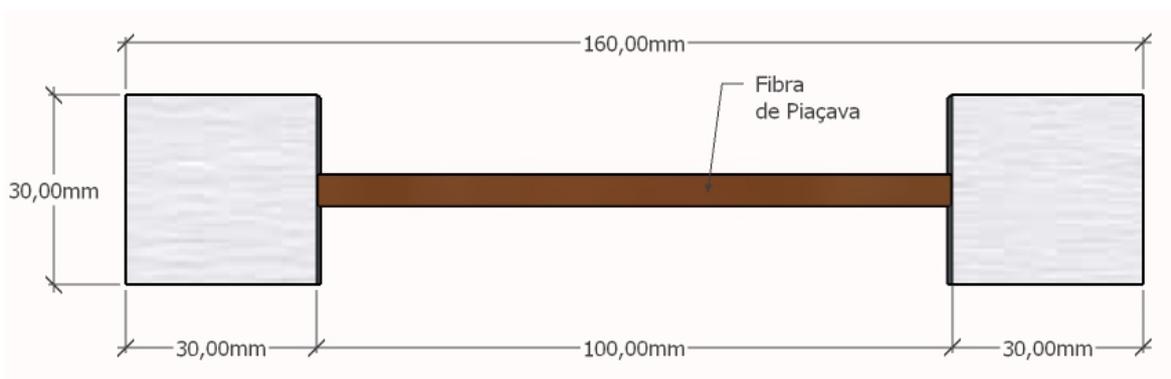


Figura 03. Esquema ilustrativo do preparo para o ensaio de tração.

Cada fibra foi cortada no comprimento de 160 mm e, em cada uma de suas extremidades, foi fixada uma fita adesiva, capaz de reduzir o comprimento útil do corpo de prova a 100 mm, como pode ser visto no esquema ilustrado na Figura 3. O objetivo desta redução foi proteger as fibras de danos que poderiam ser causados pelas garras da máquina universal de ensaios e evitar o escorregamento das mesmas.

2.1 Resultados

Após o recebimento do lote de descarte da fábrica, foi analisado o comprimento médio das fibras descartadas pela confecção das vassouras. Este resultado é apresentado na Fig. 4. Identificou-se, então, o pico nas faixas de 24 a 26 cm, determinando o comprimento médio do material coletado. Este é considerado um excelente comprimento para incorporação deste resíduo em peças de materiais compósitos que podem ser aplicados na construção civil, por exemplo.

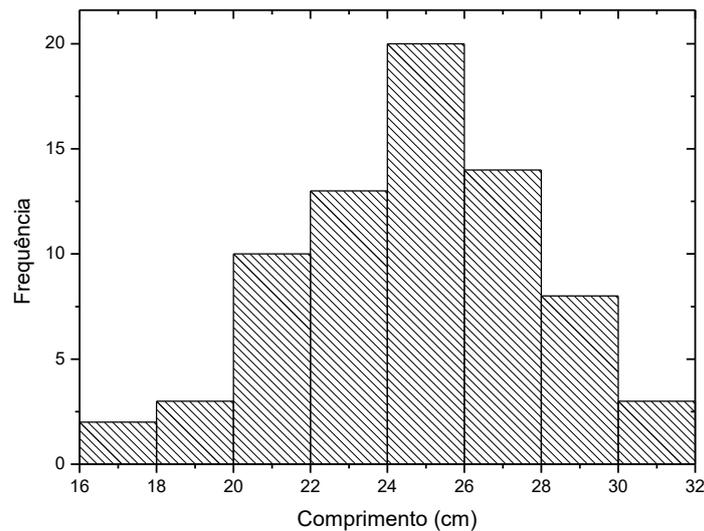


Figura 04. Histograma de frequência x comprimento do resíduo recebido.

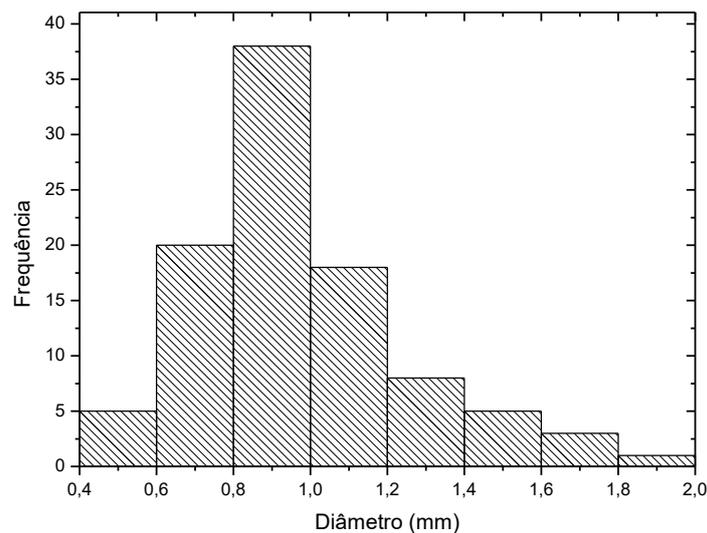


Figura 05. Histograma de frequência x diâmetro do lote analisado.

Na Fig. 5, observa-se a dispersão da frequência com o diâmetro. É possível identificar que a maioria das fibras da piaçava varia de 0,4 mm a 1,8 mm, após esse intervalo, apenas poucas fibras foram encontradas. Comparando com outras FNLs,

a fibra de piaçava é considerada grossa e, como consequência, pode ter sua flexibilidade comprometida, porém ainda assim possui um excelente potencial para reforço de compósitos ecologicamente corretos.

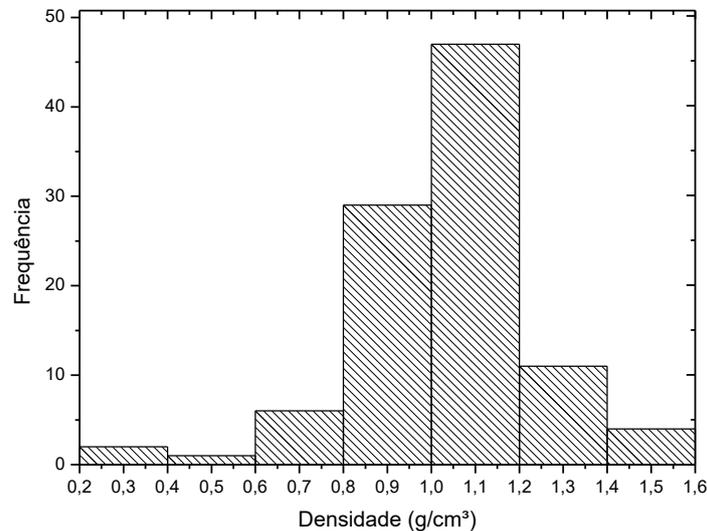


Figura 06. Histograma de frequência x densidade das fibras analisadas.

Após estas medições iniciais com o auxílio do projetor de perfil, foram calculadas as densidades para cada amostra do lote de 100 fibras de piaçava. Na Fig. 6, observando os histogramas, fica clara a identificação dos maiores picos nas faixas de 0,8 a 1,2 g/cm³, corroborando com os resultados encontrados na literatura [15-18]. É importante salientar que as FNLs não são homogêneas, possuem diferenças morfológicas consideráveis de acordo com a época em que a fibra foi colhida, origem da planta, solo e clima aonde elas foram cultivadas dentre outros fatores que podem interferir fortemente em algumas propriedades das mesmas.

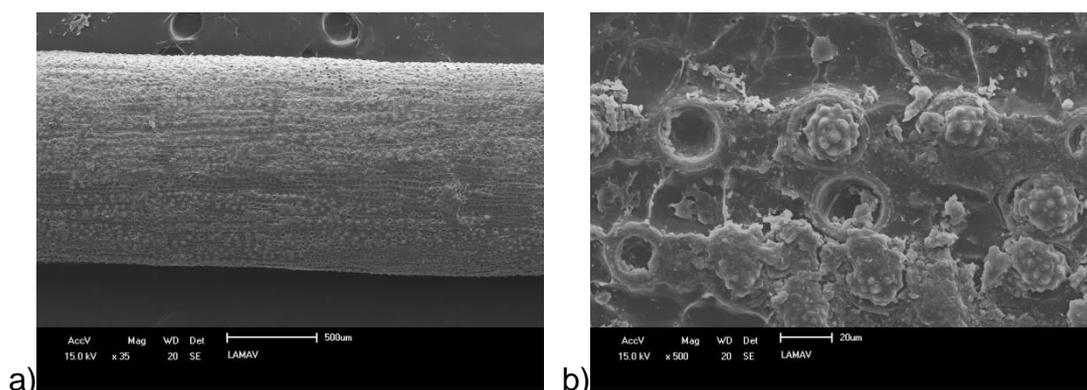


Figura 07. MEV da superfície da fibra; a) 35x e b) 500x.

A Figura 7a mostra a morfologia da fibra da piaçava por MEV. É possível observar que este material tem, como principal característica, algumas protuberâncias e esferas espinhosas presas em um invólucro côncavo (Figura 7b). Estes sólidos são sílica pura, provavelmente, presos por lignina ou apenas ponte de hidrogênio. Ao pensar em utilização da piaçava para materiais compósitos, esta superfície morfológica é de grande interesse, já que podem funcionar como pontos de

ancoragem para melhorar adesão fibra/matriz. É possível observar ainda que alguns dos invólucros estão vazios, o que sugere que os sólidos foram removidos durante o processo de fabricação da vassoura. Ou seja, na fábrica, a fibra sofre alguns danos na sua microestrutura, capazes de remover parte da sílica, comprovando pode ser uma fraca ponte de hidrogênio que está fazendo a adesão entre essas esferas e o invólucro existente.

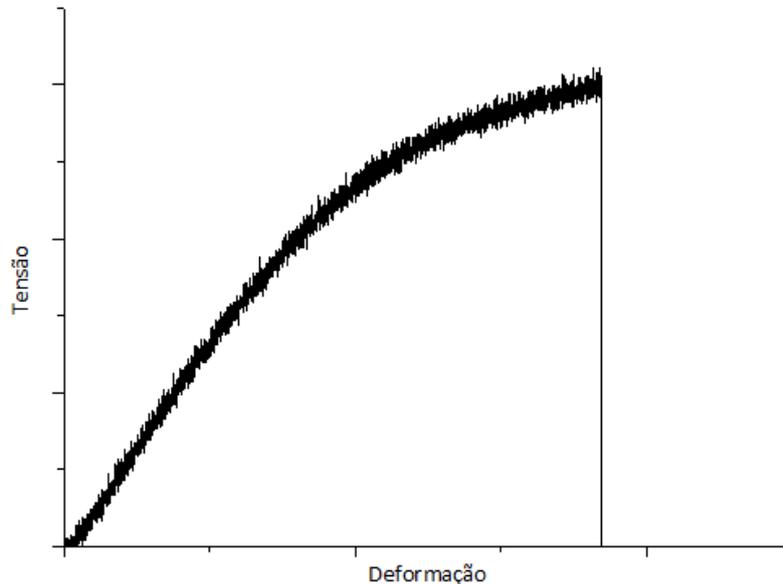


Figura 08. Exemplo do efeito “serrilhamento” presente nos gráficos extraídos da máquina de ensaios.

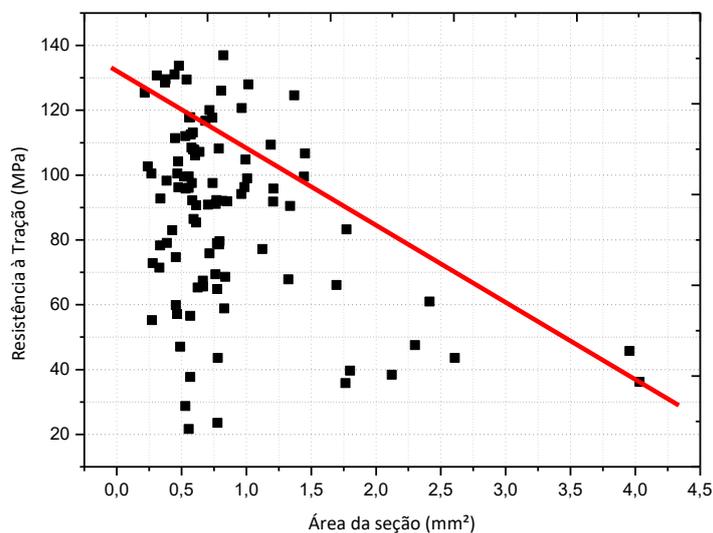


Figura 09. Resistência à Tração x área da seção da fibra.

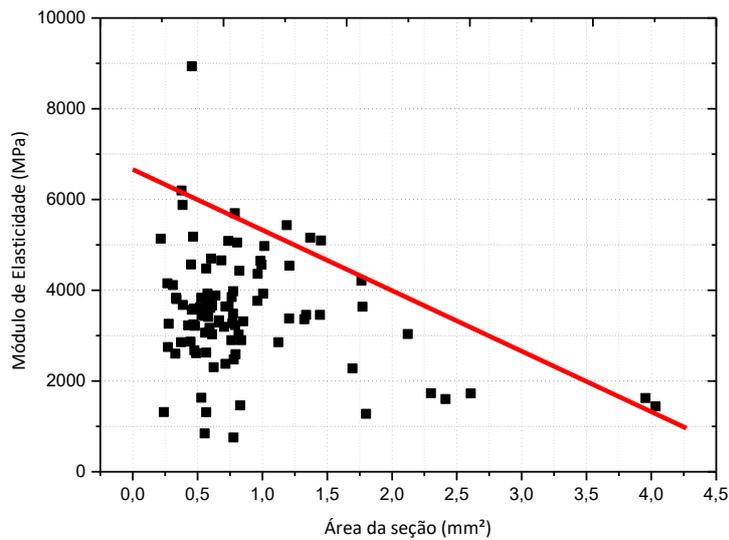


Figura 10. Módulo de elasticidade x área da seção da fibra.

Após a realização do ensaio de tração, ao analisar as curvas obtidas diretamente pela máquina do ensaio, foram percebidas frequentes e acentuadas oscilações, do tipo “serrilhamento” no eixo da tensão para algumas fibras analisadas. Este aspecto, que está sendo ilustrado na Figura 8, é comumente encontrado ao se tratar de fibras naturais. São relacionados à separação gradativa dos microfibrilamentos que constituem a fibra de piaçava. Este efeito foi mais visível nas fibras com maiores diâmetros, ou seja, mais grossas. Portanto, pode ser atribuído ao fato dessas fibras serem compostas por uma maior quantidade de filamentos, que se rompem em momentos distintos, de acordo com a intensificação da carga e a aproximação do ponto de ruptura.

As Figs. 9 e 10 apresentam, respectivamente, a resistência à tração e o módulo de elasticidade das 100 fibras analisadas, representadas nos gráficos através das áreas de suas seções transversais. É possível afirmar que a espessura das FNLs altera significativamente as propriedades mecânicas das mesmas. É notória a tendência da fibra de resistir maior tensão e obter maior módulo de elasticidade ao passo que o diâmetro é reduzido.

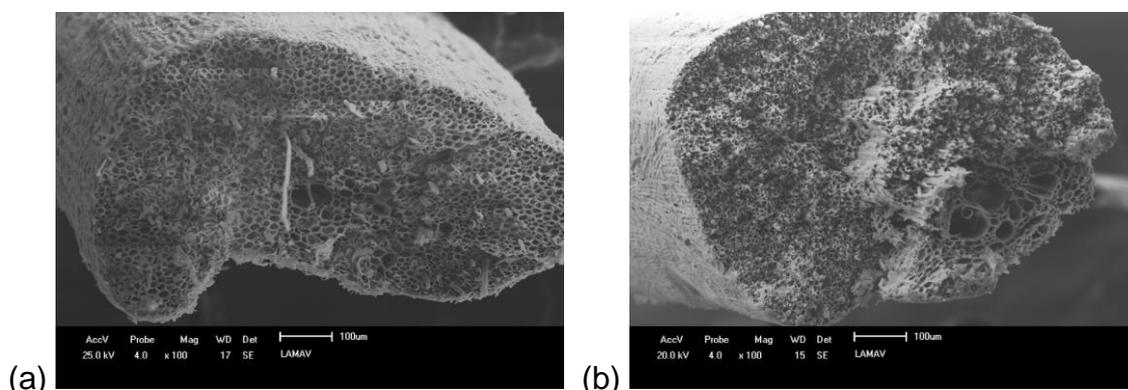


Figura 11. MEV das fraturas das fibras com aumento de 100x sendo (a) fibra com menor resistência e (b) fibra com maior resistência.

As Figuras 11a e 11b corroboram com o que foi explicado. Nelas são apresentadas as micrografias das fraturas das fibras com pior (Figura 11a) e com melhor (Figura 11b) desempenho quando solicitadas à tração. Em ambos os MEVs foram visíveis filamentos rompidos, principalmente na Figura 11a, aonde se percebe um deles sacado quase que integralmente. Na fibra com menor resistência foi observada ausência de fibrilas, indicando uma maior facilidade na hora do rompimento (Figura 12a), sem deixar vestígios nos invólucros. Ao contrário da Figura 12b, aonde são observadas muitas fibrilas ainda existentes características de uma maior dificuldade na hora do rompimento.

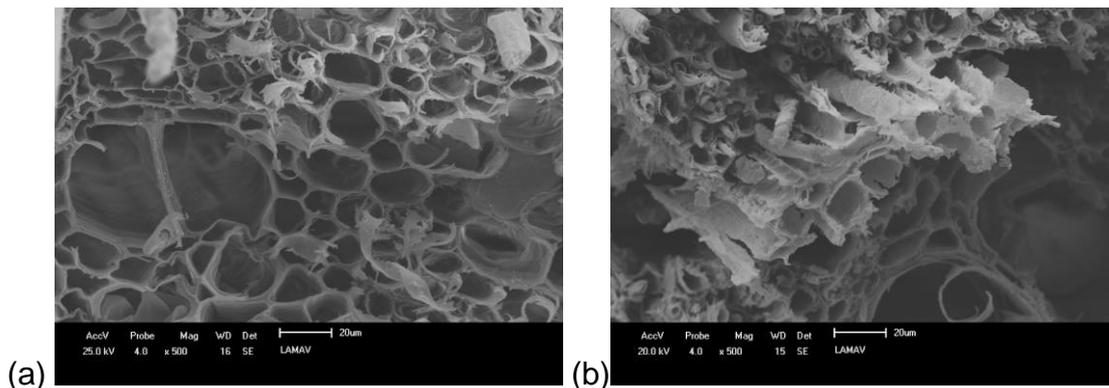


Figura 12. MEV das fraturas das fibras com aumento de 500x sendo (a) fibra com menor resistência e (b) fibra com maior resistência.

Tabela 1. Propriedades da Fibra de Piaçava analisada neste trabalho.

Carga de Ruptura (N)	Resist. à Tração (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Seção Média (mm²)
68 ± 37,15	87,92 ± 28,12	3,49 ± 1,24	0,86 ± 0,66

Na Tab. 1 observa-se o resumo da caracterização da fibra utilizada neste trabalho. Indiscutivelmente, os resultados de resistência à tração e módulo de elasticidade são fatores importantes de serem determinados, principalmente ao se planejar a criação de materiais compósitos que tenham essa fibra de piassava como carga. A Tab. 2 apresenta um comparativo entre fibras naturais e sintéticas analisadas por outros trabalhos [19-21] e a partir dessas informações é possível afirmar que a fibra estudada apresenta propriedades coerentes com a literatura.

Tabela 1. Propriedades de fibras naturais e sintéticas encontradas na literatura.

Fibra	Resist. à Tração (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)
Coco [19]	90,00 ± 35,00	2,60 ± 0,70
Coco [20]	-	7,00 a 15,00
Piassava [19]	131,00 ± 36,00	3,80 ± 0,90
Juta [19]	249,00 ± 89,00	43,90 ± 12,30
Linho [21]	500,00 a 900,00	28,00 a 40,00
Sisal [19]	484,00 ± 135,00	19,5 ± 4,50
Curaua [19]	543,00 ± 260	63,70 ± 32,50
Aramida [21]	2800,00 a 3000,00	65,00 a 90,00
Fibra de Vidro [21]	2900,00	70,00

Torna-se perceptível que as fibras sintéticas possuem desempenho consideravelmente superior quando comparados às naturais. Ao levar em consideração os desvios padrões, a fibra de piassava estudada apresentou-se com resistência à tração similar à encontrada na literatura e esse valor determina um desempenho similar à fibra de coco e próximo à da Juta.

Quanto ao módulo de elasticidade, quanto maior o valor, mais rígido será o material. Logo, a fibra estudada nesse trabalho é consideravelmente mais flexível que a aramida ou fibra de vidro, por exemplo.

É importante ressaltar que as diferenças e altos desvios padrões visualizados nos resultados da Tabela 1 são característicos de materiais naturais, ditos heterogêneos em termos de estrutura e composição. As fibras naturais possuem estrutura composta, onde as microfibrilas agem como reforço e a lignina atua como matriz. Logo, são caracteristicamente anisotrópicas, com propriedades que podem variar de acordo com o arranjo das microfibrilas e das fortes ligações covalentes nas direções das fibras.

3 CONCLUSÃO

No presente trabalho observou-se que o resíduo descartado da fábrica de vassouras tem elevado potencial de ser incorporado em matriz polimérica para confecção de materiais compósitos, principalmente devido à superfície naturalmente rugosa, o que é capaz de aumentar a interação entre fibra/matriz. De acordo com os ensaios realizados, é possível afirmar que a área da seção transversal da fibra tem relação direta com o desempenho à tração da mesma, ou seja, fibras com menores áreas determinam maior resistência devido à maior dificuldade de rompimento das microfibrilas que a compõem. Em geral a piassava coletada foi caracterizado com elevado grau de rugosidade, boa resistência à tração e caracteristicamente flexível.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERJ e ao Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV/UENF) pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 Rosu L, Mustata F, Varganici C D, Rosu D, Rusu T, Rosca I. Thermal behaviour and fungi resistance of composites based on wood and natural and synthetic epoxy resins cured with maleopimaric acid. *Polymer Degradation and Stability*. 2019; 160: 148-161. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.12.022>
- 2 Kanehashi S, Oyagi H, Lu R, Miyakoshi T. Development of bio-based hybrid resin, from natural lacquer. *Progress in Organic Coatings*. 2014; 77(1): 24-29. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2013.07.013>
- 3 Sajeeb A M, Babu S S, Arif M M. Evaluation of Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Melamine Urea Formaldehyde (MUF) Resin Composites. *Materials Today: Proceedings*. 2018; 5(2): 6764-6769. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.335>
- 4 Tsanaktsidis C G, Favvas E P, Scaltsoyiannes A A, Katsidi E X, Scaltsoyiannes A V. Natural resins and their application in antifouling fuel technology: Part I: Improving the physicochemical properties of diesel fuel using natural resin polymer as a removable additive. *Fuel Processing Technology*. 2013; 114:135-143. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2013.03.043>

- 5 Ahmad H, Fan M. Interfacial properties and structural performance of resin-coated natural fibre rebars within cementitious matrices. *Cement and Concrete Composites*. 2018; 87: 44-52. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2017.12.002>.
- 6 Nguyen V H, Deléglise-Lagardère M, Park C H. Modeling of resin flow in natural fiber reinforcement for liquid composite molding processes. *Composites Science and Technology*. 2015; 113(5): 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2015.03.016>
- 7 Sahed N D, Jog J P. Natural fiber polymer composites: a review. *Advances in Polymer Technol*. 1999; 18: 221-274.
- 8 Mohanty A K, Misra M, Hinrichsen G. Biofibers, biodegradable polymers and bio-composites: an overview. *Macromolecular Mat. And Engineering*. 2000; 276-277.
- 9 Bledzki A K, Gassan J. Composites Reinforced With Cellulose-Based Fibers. *Prog. Polym. Sci*. 1994: 221-274.
- 10 Suddell B C, Evans W J, Isaac D H, Crosky A A. A survey into the application of natural fibre composites in the automobile industry. *Proceedings of the 4th International Symposium on Natural Polymers and Composites – ISNAPol (São Pedro, SP, Brazil)*. 2002: 455-461.
- 11 Marsh G. Next step for automotive materials. *Mater*. 2003; 6(4): 36-43.
- 12 Hill S. Cars that grow on trees. *New Scientists*. 2007; 153: 36-39.
- 13 P. Wambua, I. Ivens, I. Verpoest, “Natural fibers: can they replace glass and fibre reinforced plastics?”, *Composites Science and Technology*, 63 (2003) 1259-1264.
- 14 ASTM C3878. (2007). *Standard Terminology for Composite Materials*. American Society for Testing and Materials.
- 15 Aquino, R. C. (2003). *Desenvolvimento de compósitos de fibras de piaçava da espécie Attalea Funifera Mart e matriz de resina poliéster*. (Tese) Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais, UENF, Campos dos Goytacazes-RJ.
- 16 Nascimento, D. C. (2009). *Análise das propriedades de compósitos de fibras de piaçava e matriz de resina epoxi*. (Tese) Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais, UENF, Campos dos Goytacazes-RJ.
- 17 Nascimento, D. C., Ferreira, M. A., N., S., Aquino, R. C., & Kestur, S. G. (2012). Studies on the characterization of piassava fibers and their epoxy composites. 43, pp. 353-362.
- 18 Nascimento, D. C., Lopes, F. P., & Monteiro, S. N. (2010). Tensile behavior of lignocellulosic fiber reinforced polymer composites: Part I piassava/epoxy. *Revista Matéria*, 15, pp. 189-194.
- 19 Alves Fidelis, M. E., Pereira, T. V. C., Gomes, O. da F. M., de Andrade Silva, F., & Toledo Filho, R. D. (2013). The effect of fiber morphology on the tensile strength of natural fibers. *Journal of Materials Research and Technology*, 2(2), 149–157. doi:10.1016/j.jmrt.2013.02.003
- 20 Williams, D. R., Nurco, D. J., Rahbar, N., & Koski, K. J. (2019). Elasticity of bamboo fiber variants from Brillouin spectroscopy. *Materialia*, 5, 100240. doi:10.1016/j.mtla.2019.100240
- 21 Adusumalli, R. B., Venkateshan, K. C., Kunchi, C., Vadlaman, S. R. Tensile testing of single fibres. *Procedia Structural Integrity*, 14, 2019; 150-157