

Avaliação da resistência ao impacto de compósitos reforçados com fibras naturais

Evaluation of the impact strenght of composites reinforcement with natural fibers

Táise A. Sousa¹
George Jackson de Moraes Rocha²
Daniella Regina Mulinari³

Artigo
Original

Original
Paper

Palavras-chave

Fibras de Abacaxi
Compósitos
Testes de Impacto
Microscopia Eletrônica
de Varredura

Resumo

Nesta pesquisa foi avaliada a influência da inserção de fibras provenientes do resíduo do suco do abacaxi na matriz de polipropileno sobre as propriedades mecânicas. Foi estudada também a quantidade de reforço na matriz polimérica. As superfícies fraturadas dos compósitos ensaiados foram analisadas, e o mecanismo de fratura dos compósitos também foi discutido. Os resultados mostraram que os compósitos apresentaram melhor resistência ao impacto comparado ao polipropileno puro. A quantidade de fibras afetou a resistência ao impacto desses materiais.

Recebido em
04/2011

Aprovado em
08/2012

Abstract

In this research the influence of the insertion of fibers from pineapple juice residue in the polypropylene matrix over mechanical properties was evaluated. It was also studied the amount of reinforcement in the polymeric matrix. The fractured surfaces of tested composites were examined and the fracture mechanism of composites was also discussed. The results showed that the composites showed better impact strength compared to the pure polypropylene. The amount of fibers affected the resistance to the impact of these materials.

Key words

Pineapple fibers
Composites
Impact test;
Scanning electron
microscopy

¹ Discente do Curso de Mestardo Profissional em Materiais - MEMAT - Centro Universitário de Volta Redonda- UniFOA

² Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol- CTBE

³ Docente do Mestrado Profissional em Materiais- MEMAT - Centro Universitário de Volta Redonda- UniFOA

1. Introdução

Nos últimos anos, o desenvolvimento na área de compósitos reforçados com fibras naturais teve um grande crescimento. Um dos fatores que favorecem o emprego de fibras naturais como insumo renovável é a crescente perspectiva de economia de energia por meio da redução de peso dos componentes, bem como os aspectos ligados à recuperação das matérias-primas e ao reaproveitamento dos materiais no final do ciclo de vida do produto^{1,2}.

Dessa tomada de consciência ambiental, surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável, que, na indústria automobilística, vem associando a gestão ambiental à qualidade e à competitividade do automóvel. Hoje é certo que o futuro do automóvel e de sua indústria passam, necessariamente, pela capacidade dos fabricantes de reduzir e/ou compensar seus efeitos danosos sobre o meio ambiente, desde a fabricação de materiais à reciclagem de autopeças e de veículos em seu fim de vida³.

Buscando opções para substituir insumos sintéticos, a indústria automobilística vem desenvolvendo pesquisas sobre maior utilização dos recursos naturais, como as fibras naturais. Tais fibras já são utilizadas na fabricação de peças de automóveis, proporcionando qualidade e bem estar ao usuário. Dentre suas formas de aplicação estão o uso no enchimento de bancos e encostos de cabeça, laterais e painéis de portas, painel de instrumentos, canal de ar, revestimento do teto, caixa de rodas e outros. Para tais aplicações são utilizados o bagaço de cana, sisal, juta, curauá, fibra de coco entre outras⁴⁻⁸.

Além disso, os resíduos dessas fibras são gerados em grande quantidade e a proposta de utilização, como por exemplo, do resíduo do suco do abacaxi, é muito interessante.

No entanto, a compatibilidade entre um material lignocelulósico e uma matriz polimérica possui um papel determinante nas propriedades do compósito final, pois é através da interface que ocorre a transferência de carga da matriz para a fibra. Quando há incompatibilidade, a interface é a região mais fraca do material, local onde ocorre a falha, que acaba comprometendo o reforço do compósito, devido à transferência ineficiente de esforços na interface fibra/matriz⁹⁻¹¹. A tensão interfacial

entre a fibra e a matriz pode ser diminuída submetendo as fibras a modificações¹²⁻¹⁶.

O compósito polimérico reforçado com fibras naturais é um material interessante por ser altamente eficiente e, principalmente, por não poluir o ambiente de trabalho, que é um dos grandes problemas para quem trabalha com polímeros. Além disso, a ISO 14000 dá a esses compósitos a chance de serem considerados, não somente como uma alternativa isolada, mas também uma estratégia para reduzir problemas ambientais³.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência ao impacto dos compósitos de polipropileno reforçados com fibras provenientes do resíduo do suco de abacaxi, enfatizando a natureza ecológica das matérias-primas, e contribuindo com a criação de um material que possui propriedades satisfatórias para o uso industrial.

2. Materiais e métodos

2.1. Obtenção das Fibras Provenientes do Resíduo do Suco de Abacaxi

As fibras provenientes do resíduo de suco do abacaxi foram gentilmente fornecidas pela SuFresh, localizada em Caçapava – SP. As fibras foram moídas em um moinho de facas e peneiradas em uma peneira de 25 mesh.

2.2. Modificação Química das Fibras

A modificação química nas fibras provenientes do resíduo do suco do abacaxi foi realizada por meio ácido. O objetivo desta esterificação foi diminuir a polaridade das fibras, tornando-as mais compatíveis com a matriz apolar.

A separação dos materiais lignocelulósicos foi realizada no Departamento de Biotecnologia da Escola de Engenharia de Lorena/USP, onde as fibras provenientes do resíduo do suco de abacaxi foram misturadas com solução de H₂SO₄ 1% m/v (reator de 350 mL a 120°C, 10 min), com a finalidade de separar a hemicelulose e obter um resíduo que contém basicamente celulose e lignina, chamado de celulignina.

2.3. Análise das fibras após a modificação

Com o propósito de avaliar a modificação química realizada nas fibras foi feita uma análise da morfologia das fibras utilizando a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

As micrografias foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM5310, disponível no INPE em São José dos Campos, com filamento de tungstênio operando a 10 kV, usando elétrons secundários, a fim de obter informações quanto à morfologia e composição das fibras.

2.4. Preparação dos Compósitos

Os compósitos foram obtidos em um homogeneizador de plásticos de laboratório da MH Equipamentos (modelo MH-50H), disponível na Divisão de Materiais (AMR) do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA). A mistura entre as fibras e o polímero ocorreu dentro da cápsula bi partida (Figura 1), com arrefecimento de água. As palhetas de homogeneização rotacionaram com aproximadamente 2600 rpm na primeira velocidade e 5250 rpm na segunda, tornando o processo de homogeneização extremamente rápido.

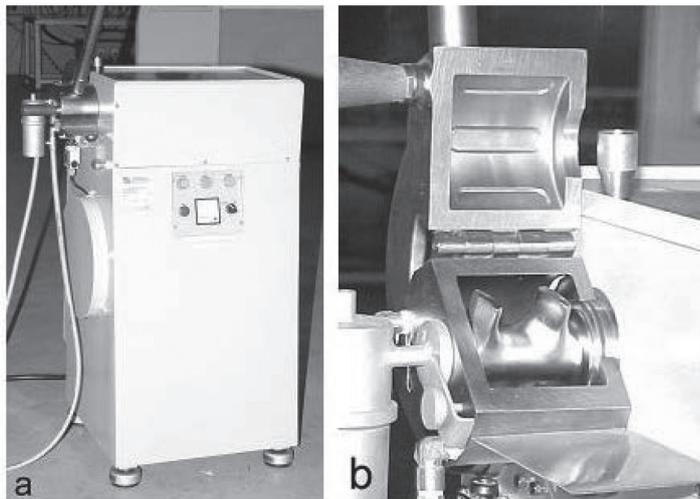


Figura 1 - (a) Homogeneizador de plástico de laboratório; (b) Detalhe da cápsula de mistura

Para a obtenção dos compósitos, primeiramente as fibras foram secas em estufa a 50 °C por 3h. O PP também foi seco á mesma temperatura, porém por 1 h. Posteriormente, os materiais foram pesados nas proporções de 10 e 20% (m/m) de fibras in natura e modificadas. Foram preparados cerca de 250 g do material compósito em bateladas de 50 g no homogeneizador de plásticos. Após a mistura, o material fundido passou entre rolos de aços inox (calandras), seguido de resfriamento com imersão em água.

Após a imersão em água, os compósitos foram moídos em moinho granulador (RONE) até passar por peneira de 13 mm e secos em estufa a 50 °C por 3 h. Os compósitos moídos, previamente secos, foram injetados em molde contendo cavidades com dimensões específicas para ensaios mecânicos, utilizando uma Injetora Battenfeld HM 60/350, disponível no Centro Universitário da FEI (Figura 2).



Figura 2 - Máquina injetora

2.5. Resistência ao Impacto

Os ensaios de impacto foram realizados no Laboratório de Ensaios Mecânicos do Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, utilizando o equipamento da marca PANTEC (Figura 3). Foram analisados cinco corpos de prova, com dimensões de acordo com a norma ASTM D 6110 – 06 com 12 mm de largura, 63,5 mm de comprimento e 12 mm de espessura. Foi avaliada

a energia a resistência ao impacto. A superfície dos compósitos fraturados foram analisadas em um microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM5310, disponível no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE em São José dos Campos, operando de 15 a 20 kw e utilizando detector de elétrons secundários. As amostras foram fixadas em um suporte com auxílio de uma fita de carbono autocolante dupla face e submetidas ao recobrimento metálico com ouro.

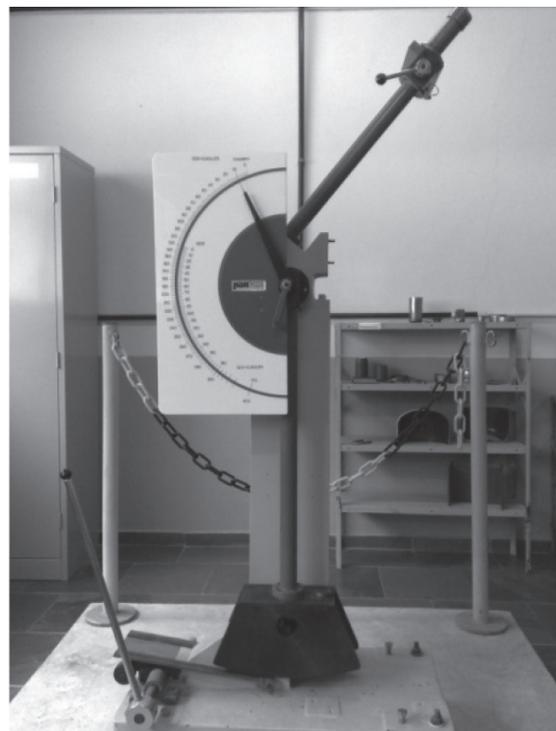


Figura 3 - Equipamento utilizado para o ensaio de impacto

3. Resultados e discussão

3.1. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Figura 4 evidencia as micrografias obtidas das fibras provenientes do resíduo do suco do abacaxi in natura.

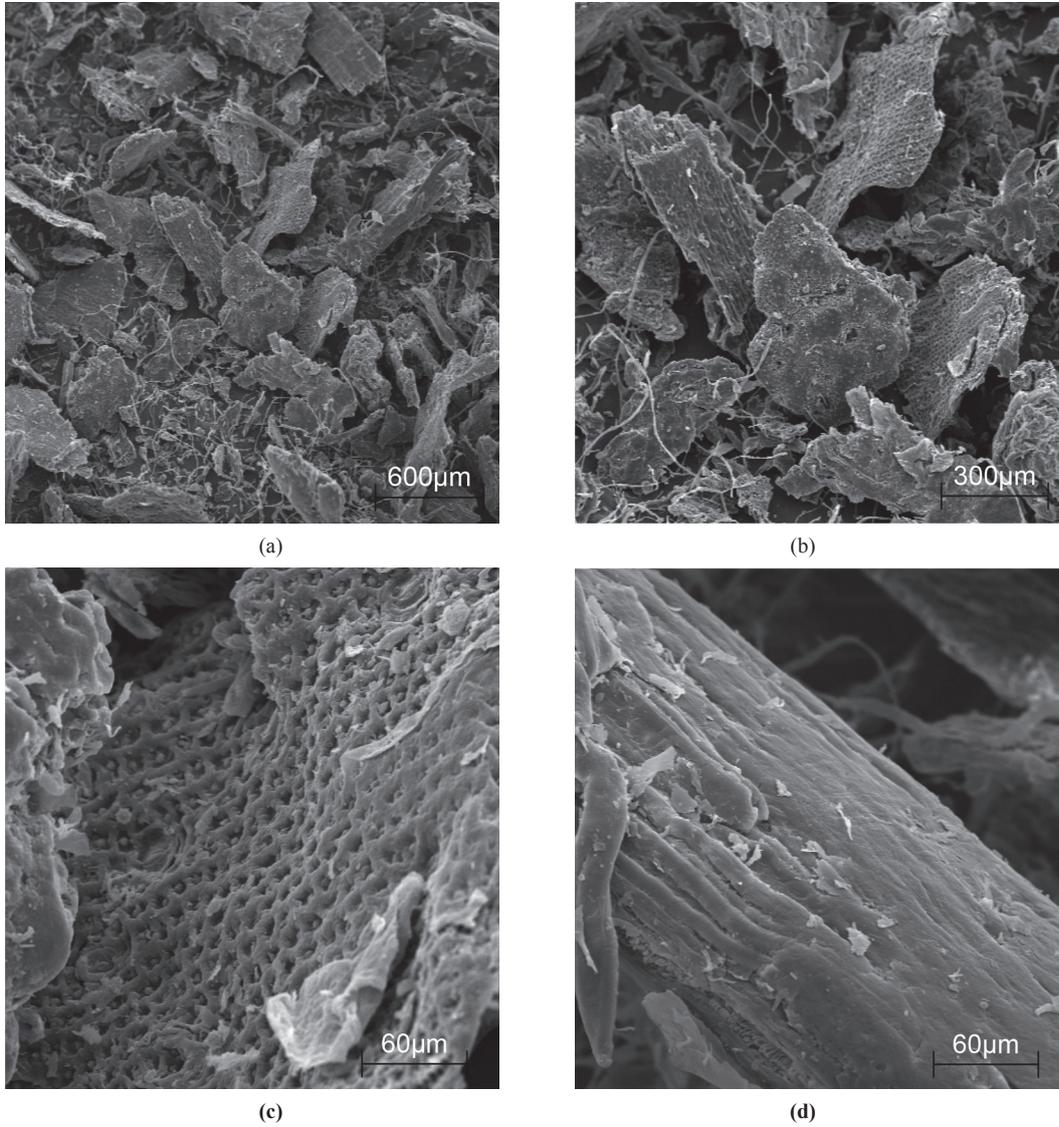


Figura 4 - Micrografias das fibras in natura: (a) 50X; (b) 100X; (c) 500X; (d) 500X.

A morfologia das fibras in natura revelou fragmentos achatados dispostos de forma ordenada com uma superfície lisa e homogênea, devido à presença dos extrativos. Além disso, foi observado também o aparecimento de al-

gumas superfícies rugosas. No entanto, após a modificação (Figura 5) notou-se a desagregação das fibras em microfibrilas, que visualmente torna as fibrilas mais expostas.

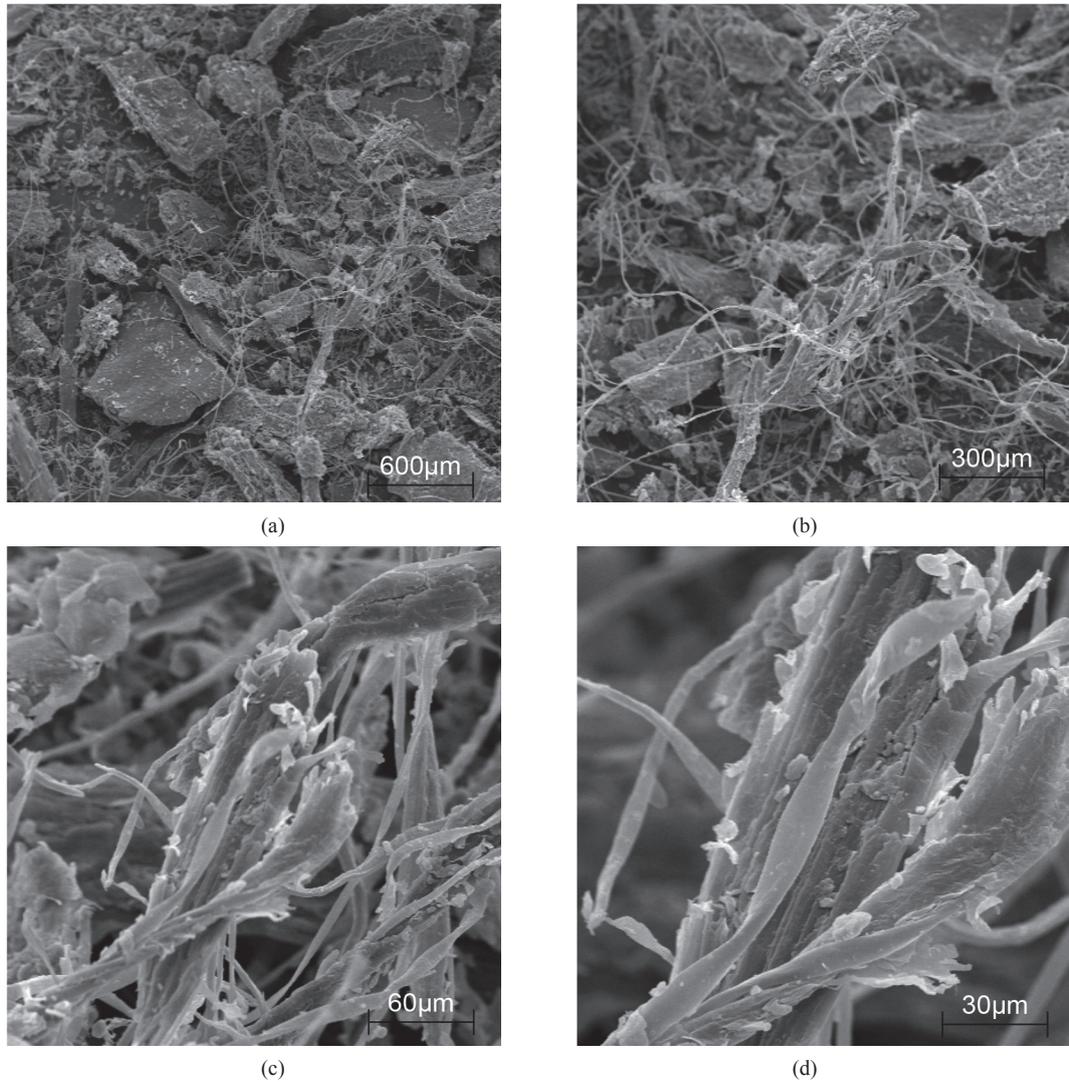


Figura 5 - Micrografias das modificadas: (a) 50X; (b) 100X; (c) 500X; (d) 1000X.

Mulinari (2009) observou comportamento semelhante ao modificar quimicamente as fibras provenientes do bagaço de cana-de-açúcar com solução de H_2SO_4 1% m/v e deslignifica-la com solução de NaOH 1,5% m/v³.

3.2. Resistência ao Impacto

Analisando os resultados obtidos no ensaio de impacto, foi observado que os compósitos são mais resistentes comparado ao PP puro, atingindo até 157% de aumento (PP/

Fibra in natura 20% m/m). Esse aumento na resistência ocorreu devido à inserção de fibras na matriz, fazendo com que a energia absorvida aumentasse e, conseqüentemente, a resistência. Os resultados obtidos de resistência ao impacto podem ser evidenciados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores do limite de resistência ao impacto

Amostras	Resistência (KJ.m ⁻²)
PP	36,1 ± 0,3
PP/Fibra in natura 10% m/m	58,7 ± 17,8
PP/Fibra in natura 20% m/m	92,9 ± 16,5
PP/Fibra modificada 10% m/m	38,2 ± 12,6
PP/Fibra modificada 20% m/m	42,2 ± 18,4

Os compósitos de polipropileno reforçados com fibras provenientes do resíduo do suco de abacaxi in natura apresentaram maiores resistências se comparado aos compósitos de polipropileno reforçados com fibras provenientes do resíduo do suco de abacaxi modificadas. A quantidade de reforço na matriz também contribuiu para o aumento da resistência.

A modificação realizada nas fibras provenientes do resíduo do suco de abacaxi melhorou a adesão entre fibra/matriz, facilitando a transferência de energia de impacto da matriz, que é um dos fatores influentes nesta propriedade. No entanto, as fibras sem modificação facilitaram ainda a adesão, este fato ocorreu, pois, a acidez na produção do suco favoreceu o tratamento nas fibras provenientes do resíduo.

A inserção de fibras na matriz aumentou também a resistência ao impacto, devido ao mecanismo de dissipação de energia. As fibras foram arrancadas (pull out) da matriz e dissiparam energia durante o processo de

fricção mecânica. E esse arrancamento das fibras preveniu a concentração de tensão nas áreas ao longo da fibra. A Figura 6 mostra a região da fratura após o ensaio, em que foi verificada certa uniformidade de distribuição das fibras pela matriz e fibras fraturadas ao longo da matriz. Também foram observadas fibras arrancadas (pull-out) da matriz devido à dissipação de energia causada pela fricção mecânica. Desse modo, foi constatado que as fibras facilitaram a difusão da matriz pelo interior da fibra, aumentando a resistência ao impacto. Embora este tratamento seja menos econômico comparado com os aditivos existentes no mercado, é viável pelo fato de dar um fim ao resíduo industrial.

Hillig et al. avaliaram os compósitos (serragem de madeira 20%/PEAD) utilizando agente interfacial o polietileno de alta densidade graftizado com anidrido maleico e observaram menor resistência ao impacto comparado ao compósito obtido neste trabalho¹⁷.

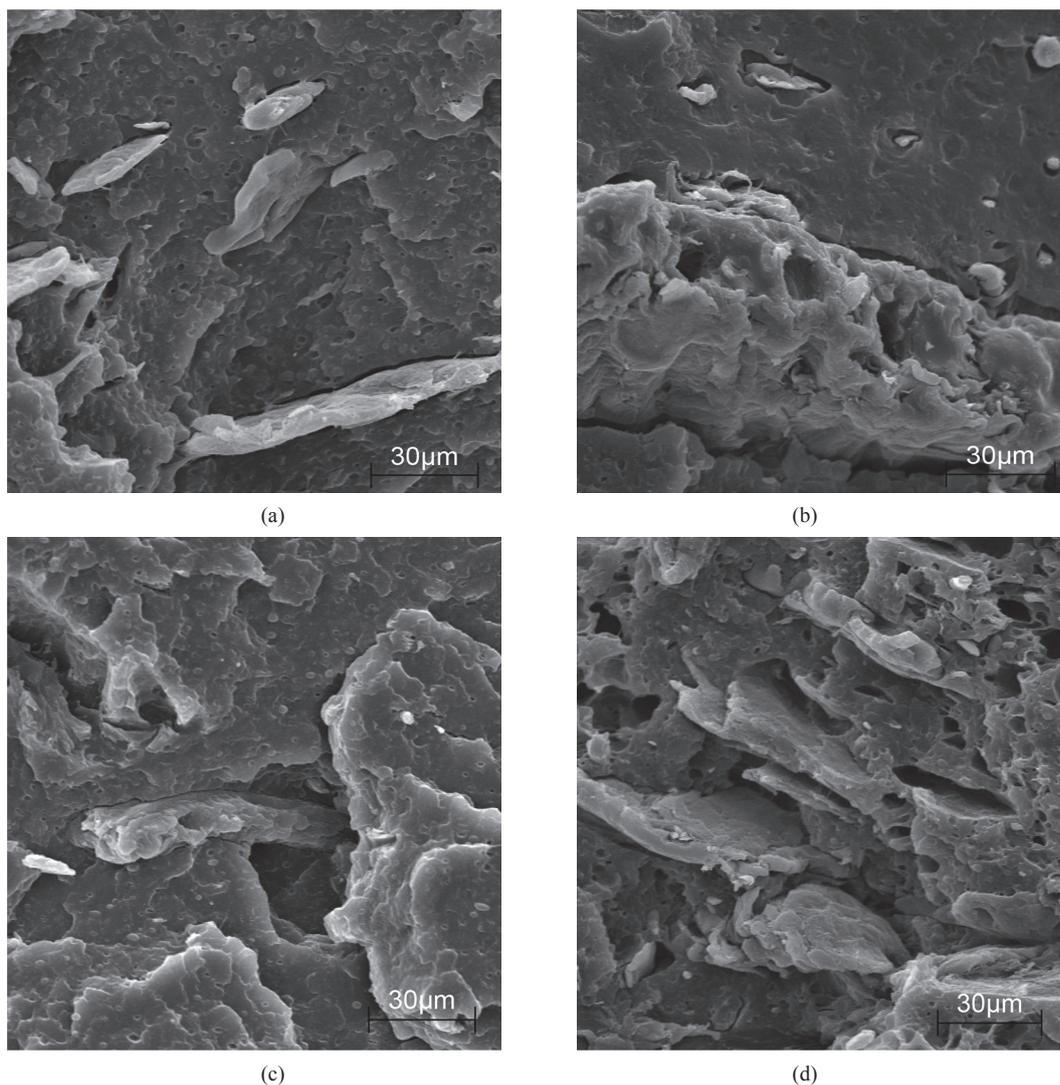


Figura 6 - MEV dos compósitos fraturado após o ensaio de impacto ampliados 1000X: (a) PP/fibra in natura 10% m/m; (b) PP/fibra in natura 20% m/m; (c) PP/fibra modificada 10% m/m; (d) PP/fibra modificada 20% m/m

4. Conclusões

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que a inserção de fibras na matriz de polipropileno influenciou positivamente na resistência ao impacto quando comparado ao polipropileno puro. No entanto, observou-se que ao inserir maior quantidade (20% m/m) de fibras na matriz polimérica a energia dissipada aumentou quando comparada ao compósito com menor fração volumétrica. O tratamento realizado na fibra favoreceu a interação fibra/matriz, mas a fibra sem tratamento apresentou melhor superfície de contato, influenciando positivamente na resistência ao impacto, o qual pode ser comprovado pela técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

5. Referências

- ALVES, C.; FERRÃO, P. M. C.; SILVA, A. J.; REIS, L. G.; FREITAS, M.; al do UniFOA normas do manu RODRIGUES, L. B.; ALVES, D. E. Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites. *Journal of Cleaner Production*, v.18, p.313-327, 2010.
- LUZ, S. M. Estudo das propriedades mecânicas, interface e morfologia de compósitos de polipropileno reforçados com fibras de bagaço e palha de cana. 2008. 153f. Tese (Doutorado em Biotecnologia Industrial) – Escola de Engenharia de Lorena, Lorena, São Paulo, 2008.
- MULINARI, D. R. Comportamento térmico, mecânico e morfológico dos compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibras de celulose do bagaço de cana de açúcar. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, p.112, 2009.
- RAMIRES, E. C.; MEGIATTO JUNIOR, J. D.; GARDRAT, C.; CASTELLAN, A.; FROLLINI, E. Biobased composites from glyoxal-phenolic resins and sisal fibers. *Bioresource Technology*, v. 101, p. 1998-2006, 2010.
- MULINARI, D. R.; VOORWALD, H. J. C.; CIOFFI, M. O. H.; DA SILVA, M. L. C. P.; ROCHA, G. J. M. Surface modification of sugarcane bagasse cellulose and its effect on mechanical and absorption properties of sugarcane bagasse cellulose/HDPE composites. *Bioresource*, v.5, p.661-671, 2010.
- CARVALHO, K.C.C.; MULINARI, D.R.; VOORWALD, H.J.C.; CIOFFI, M.O.H. Chemical modification effect on the mechanical properties of HIPS/coconut fiber composites. *BioResources*, v.5 (2), p.1143-1155, 2010.
- OLIVEIRA, A. L. C. O. Modificação da fibra de linho por esterificação através de sistemas anidridos. 2009. 49f. Monografia (Engenharia de Materiais) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.
- IBRAHIM, M. M.; DUFRESNE, A.; EL-ZAWAWY, W. K.; AGBLEVOR, F. A. Banana fibers and microfibrils as lignocellulosic reinforcements in polymer composites. *Carbohydrate Polymers*, v.81, p.811-819, 2010.
- LI, Y.; HU, C.; YU, Y. Interfacial studies of sisal fiber reinforced high density polyethylene (HDPE) composites. *Composites: Part A*, v.39, p.570-579, 2008.
- BERTOTI, A. R.; LUPORINI, S.; ESPERIDIÃO, M. C. A. Effects of acetylation in vapor phase and mercerization on the properties of sugarcane fibers. *Carbohydrate Polymers*, v.77, p.20-24, 2009.
- SPOJARIĆ, S.; GENOVESE, A.; SHANKS, R. A. Polypropylene-microcrystalline cellulose composites with enhanced compatibility and properties. *Composites: Part A*, v.40, p.791-799, 2009.
- NIRMAL, U.; YOUSIF, B. F.; RILLING, D.; BREVERN, P. V. Effect of betelnut fibres treatment and contact conditions on adhesive wear and frictional performance of polyester composites. *Wear*, v.268, p.1354-1370, 2010.

13. ANCHEZ, E. M. S., CAVANI, C. S., LEAL, C. V., SANCHEZ, C. G. Compósito de Resina de Poliéster Insaturado com Bagaço de Cana-de-Açúcar: Influência do Tratamento das Fibras nas Propriedades. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 20, p. 194-200, 2010.
14. LUZ, S. M.; DEL TIO, J.; ROCHA, G. J. R.; GONÇALVES, A. R.; DEL'ARCO, A. P. Cellulose and cellulignin from sugarcane bagasse reinforced polypropylene composites: Effect of acetylation on mechanical and thermal properties. *Composites: Part A*, v.39, p.1362-1369, 2008.
15. JOHN, M. J.; ANANDJIWAL, R. D. Chemical modification of flax reinforced polypropylene composites. *Composites: Part A*, v.40, p.442-448, 2009.
16. BECKERMANN, G. W.; PICKERING, K. L. Engineering and evaluation of hemp fibre reinforced polypropylene composites: Fibre treatment and matrix modification. *Composites Part A*, v.39, p.979-988, 2009.

Endereço para correspondência

Daniella Regina Mulinari

daniella.mulinari@foa.org.br

Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA
Campus Universitário Olezio Galotti
Av. Paulo Erley Abrantes, 1325
Três Poços - Volta Redonda - RJ
CEP: 27.240-560