

Compósitos à base de Polipropileno/Bagaço de cana-de-açúcar: influência do processamento

Polypropylene/Sugarcane Bagasse Composites: influence of processing

DOI:10.34117/bjdv7n12-002

Recebimento dos originais: 12/11/2021

Aceitação para publicação: 01/12/2021

Aline Muniz Lima

Mestranda em Ciência e Tecnologia dos Materiais
Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, UEZO
E-mail: aline-muniz15@hotmail.com

Mônica Cristina Celestino Santos

Graduada em Tecnólogo de Polímeros
Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, UEZO
E-mail: monicauezo@hotmail.com

Daniele Cruz Bastos

Doutora em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pelo Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Coppe - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, UEZO
Avenida Manuel Caldeiras de Alvarenga, 1203, Campo Grande, CEP: 23070- 200, Rio de Janeiro – RJ, Brasil
E-mail: danielbastosuezo@gmail.com / danielbastos@uezo.rj.gov.br

Elaine V Dias Gomes Líbano

Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros pelo Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, IMA - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, UEZO
Avenida Manuel Caldeiras de Alvarenga, 1203, Campo Grande, CEP: 23070- 200, Rio de Janeiro – RJ, Brasil
E-mail: elainelibano@uezo.rj.gov.br / elainevdg@yahoo.com.br

Patricia Soares da Costa Pereira

Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros pelo Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, IMA - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, UEZO
Avenida Manuel Caldeiras de Alvarenga, 1203, Campo Grande, CEP: 23070-200, Rio de Janeiro – RJ, Brasil
E-mail: patriciapereira@uezo.rj.gov.br / patriciapereira@uezo.edu.br

RESUMO

Os resíduos agroindustriais da cana-de-açúcar geram mais de 200 milhões de toneladas anuais de bagaço, rico em fibras vegetais que têm potencial de uso em compósitos poliméricos. As fibras são biodegradáveis e, portanto, um recurso natural renovável, têm baixo custo, têm baixa densidade, têm baixa abrasividade e têm boa flexibilidade no

processamento. Neste trabalho, para avaliar a influência do tipo de processamento, os compósitos de polipropileno foram preparados em duas extrusoras diferentes, mono-rosca e dupla-rosca, utilizando diferentes percentuais de bagaço de cana-de-açúcar (10 e 15% em massa). Os corpos de provas foram obtidos por compressão para as análises de densidade e dureza. Para a análise de índice de fluidez (Melt Index Flow, MFI) os materiais foram avaliados na forma de pellets. De forma geral, nos dois tipos de processamentos utilizados foi observado um aumento na densidade e dureza dos compósitos com o aumento do teor de bagaço de cana-de-açúcar (BCA). Para todos os compósitos, independentemente do tipo de processamento, foi verificado uma diminuição do MFI com a adição de BCA.

Palavras-chave: Polipropileno, bagaço de cana-de-açúcar, processamento, compósitos.

ABSTRACT

Sugarcane agro-industrial residues generate more than 200 million tons of bagasse per year, rich in vegetable fibers that have potential for use in polymeric composites. Fibers are biodegradable and, therefore, a renewable natural resource, have low cost, have low density, have low abrasiveness and have good flexibility in processing. In this work, to evaluate the influence of the type of processing, polypropylene composites were prepared in two different extruders, single-screw and twin-screw, using different percentages of sugarcane bagasse (10 and 15 wt%). The specimens were obtained by compression for density and hardness analyses. For the analysis of melt flow index (MFI) the materials were evaluated in the form of pellets. In general, in the two types of processing used, an increase in the density and hardness of the composites was observed with the increase in the sugarcane bagasse (SCB) content. For all composites, regardless of the type of processing, a decrease in MFI was verified with the addition of SCB.

Keywords: Polypropylene, sugarcane bagasse, processing, composites.

1 INTRODUÇÃO

O interesse pelas fibras naturais aumentou em todo o mundo devido ao seu baixo custo, baixa densidade, dureza, boa resistência térmica e mecânica, além de serem biodegradáveis. As principais desvantagens das fibras naturais são as baixas temperaturas de processamento permitidas, a tendência para formar aglomerados e a sua natureza hidrofílica. A substituição de fibras não naturais por vegetais têm muitas vantagens que podem ser justificadas por meio de equilíbrios ecológicos (MOUBARICK et al., 2013; MATEUS et al., 2020; VANEEWARI et al., 2021).

O bagaço da cana-de-açúcar é utilizado em diversas aplicações, incluindo indústrias de papel, como matéria-prima, biocombustível, etc. Os materiais fibrosos também podem ser usados como fibra no setor têxtil e de engenharia civil. Mais especificamente, este bagaço pode ser usado para reforçar materiais compósitos criando um tipo de material totalmente novo e contribuindo com a economia circular (MAHMUD and ANANNYA, 2021).

A cana-de-açúcar tem sido usada em diferentes matrizes poliméricas, naturais ou sintéticas. Vallejos et al. (2011) usaram fibras de bagaço não tratadas com dois tipos de amido (milho e mandioca) para produzir compósito de amido termoplástico reforçado com fibra de bagaço usando o método de moldagem por compressão (a 155 oC sob 10 toneladas de carga). Imagens de microscopia eletrônica de varredura mostraram que as fibras apresentam formato oco, o que é responsável pela sua baixa densidade.

Cerqueira et al. (2011) e Subramonian et al. (2016) relataram que a fibra pré-tratada poderia melhorar as propriedades de tração do polietileno em pequena extensão. Imagens de microscopia eletrônica de varredura mostraram poros na estrutura e lacunas entre a fibra e a matriz, mas ainda assim, o carregamento da fibra aumentou a resistência à tração muito ligeiramente. As técnicas de obtenção utilizadas pelos autores citados foram o processo de mistura (Thermokinetic mixer, model MH50H) e a moldagem por compressão, respectivamente.

De acordo com Mahmud and Anannya (2021), quando a porcentagem de fibra utilizada permanece em pequenas quantidades, as moléculas da matriz podem se beneficiar da força adicional da fibra. Porém, quando o percentual de fibra é aumentado, ocorre aglomeração das fibras, causando uma queda nas propriedades de tração. Isso foi também relatado por Candido et al. (2017) em seu estudo, onde usaram fibra de bagaço para reforçar a matriz de poliéster, utilizando a técnica de fundição.

A técnica de preparação utilizada na obtenção de compósitos também pode ter alguma influência nas propriedades finais dos compósitos (MAHMUD and ANANNYA, 2021). Coelho et al. (2020) produziram compósitos com matriz polietileno de duas fontes diferentes, o polietileno de alta densidade virgem (PEADv) e o pós-consumo (PEADpc), e como carga, fibras de bagaço de cana-de-açúcar (BCA). Para testar a influência do tipo de processamento, compósitos PEADv/Fibra e PEADpc/Fibra na proporção 90/10 (porcentagem mássica) foram processados em dois equipamentos diferentes: extrusora mono-rosca e extrusora dupla-rosca co-rotatória. Os melhores resultados foram obtidos para compósitos utilizando 90 % m/m do polímero virgem em extrusora dupla-rosca.

Levando-se em consideração o exposto acima, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização da fibra de bagaço de cana-de-açúcar em compósitos com polipropileno usando equipamentos diferentes de processamento.

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

Na preparação dos compósitos, empregou-se como matriz o Polipropileno (PP) fornecido pela Quattor Petroquímica S.A BRASKEM e bagaço de cana-de-açúcar *in natura*, gentilmente cedido pela HC Sucroquímica, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil.

2.2 BENEFICIAMENTO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR (BCA)

O bagaço de cana-de-açúcar *in natura* (BCA) foi gentilmente cedido pela HC Sucroquímica, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. Inicialmente foi feita a trituração do bagaço em moinho de facas com água destilada, na proporção de 3:1. O bagaço foi seco a 105 °C, em estufa, por 24 horas, e depois triturado, novamente, em moinho de facas, por 10 minutos, a fim de separar as fibras.

2.3 PREPARAÇÃO DOS COMPÓSITOS

Os materiais foram processados em diferentes equipamentos, mono-rosca e dupla-rosca, utilizando diferentes percentuais de BCA (10 e 15% m/m). Os materiais foram nomeados conforme mostrado na Tabela 1.

Os compósitos PP9010M e PP8515M foram processados em extrusora mono-rosca de filmes planos (modelo AX 1626) seguindo as seguintes condições de processamento: zonas de temperaturas de 160 oC, 190 oC e 200 oC; velocidade da rosca de 32 rpm.

Os compósitos PP9010D e PP8515D foram processados em extrusora dupla rosca co-rotatória (Teck Trill), L/D 40, com 10 zonas de temperatura mais a zona de temperatura do cabeçote, compreendidas entre 120 e 200 °C, utilizando uma velocidade de rosca de 60 rpm e velocidade de alimentação para dosagem do material na extrusora de 5 rpm.

Todas as amostras foram obtidas na forma de filamentos contínuos. O material foi então picotado e acondicionado.

Tabela 1: Nomenclatura dos materiais

Nomenclatura	PP (% m/m)	BCA (% m/m)
PP9010M	90	10
PP8515M	85	15
PP9010D	90	10
PP8515D	85	15

2.4 OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova para a realização das análises de densidade e dureza Shore D foram preparados através de placas obtidas por compressão em prensa de bancada (Marconi, modelo MA 098). Essas placas foram obtidas empregando-se uma temperatura de 200 °C e pressão de 5 toneladas durante 3 minutos, obtendo-se assim os filmes dos materiais. A análise de MFI foi realizada com o polímero na forma de pellets.

2.5 CARACTERIZAÇÕES

2.5.1 Ensaio de Densidade

A análise de massa específica das amostras foi executada segundo a norma ASTM D792-13 (2013). O equipamento (modelo DSL 910- GEHAKA) forneceu o valor da massa específica do material analisado. Para cada amostra foram excluídos o maior e o menor valor, calculando-se a média aritmética das cinco determinações.

2.5.2 Determinação de Dureza

Os ensaios de dureza foram executados segundo a norma ASTM D2240-05 (2010). O Durômetro Shore D (Type GS 702) forneceu o valor da dureza Shore D do material analisado. Para cada amostra foram excluídos o maior e o menor valor, calculando-se assim a média aritmética das cinco determinações.

2.5.3 Determinação do Índice de Fluidez

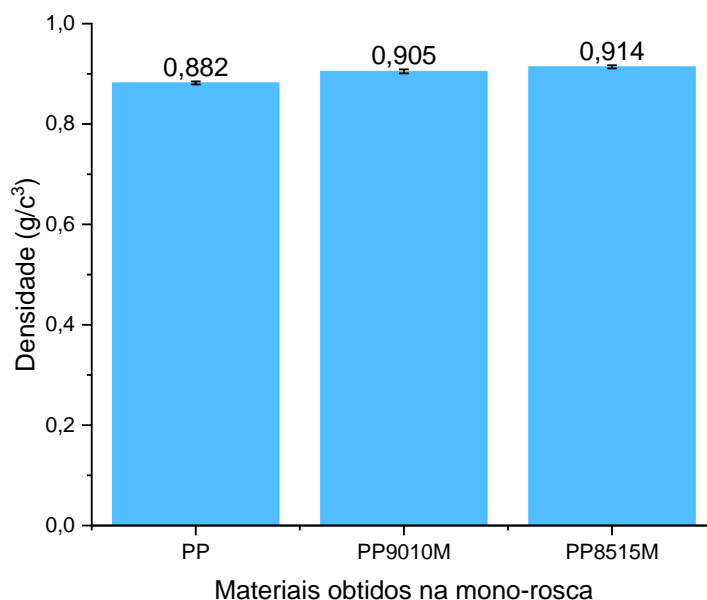
O índice de fluidez das amostras foi determinado segundo a norma ASTM D-1238 (2010) no Medidor de índice de fluidez (CEAST- Quick Index). Foram usados 5 g de cada amostra, a uma temperatura de 190 °C e submetido à carga de 2,160 Kg. A partir dos dados obtidos, foi calculado o valor do índice de fluidez, cuja unidade é expressa em gramas/10 minutos. Para cada amostra foram excluídos o maior e o menor valor, calculando-se assim a média aritmética de cinco determinações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Densidade dos materiais está apresentada nas Figuras 1 e 2. O PP processado na mono-rosca apresentou uma densidade inferior aos compósitos obtidos no mesmo equipamento (Figura 1). Não foi observada uma variação significativa na densidade dos compósitos com a inserção do BCA. A baixa variação pode ser consequência do tipo de

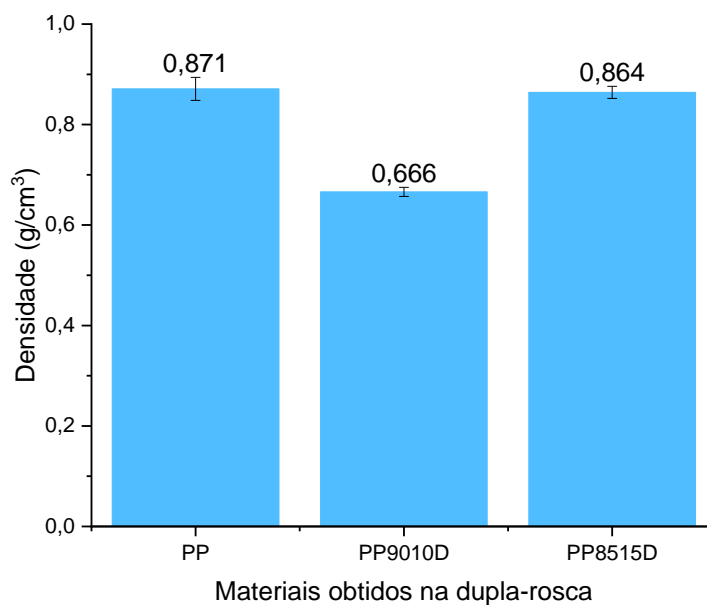
processamento (mono-rosca) que proporciona baixa homogeneidade. Leão et al. (2018) encontraram resultados semelhantes para os compósitos de PP com fibras de banana.

Figura 1: Densidade dos materiais obtidos na Mono-Rosca



A incorporação de BCA no PP processado na dupla-rosca promoveu uma redução na densidade dos compósitos (Figura 2) provavelmente favorecida pela melhor homogeneização proporcionada pelo tipo de equipamento. A redução foi menos efetiva no compósito com maior teor de BCA provavelmente em decorrência da maior formação de espaços vazios na interface fibra-matriz em virtude do maior teor de fibra (MARCOVICH, 2001). Os compósitos obtidos na mono-rosca apresentaram maiores valores de densidade independente do teor de fibras. O compósito com 10 % de BCA processado na dupla-rosca (PP9010D) apresentou uma redução de aproximadamente 27% na densidade quando comparado ao compósito equivalente obtido na mono-rosca (PP9010M). Ao aumentar a inserção de BCA essa redução no valor da densidade foi menos significativa (6%). Os compósitos obtidos na dupla-rosca apresentaram a vantagem de serem materiais menos densos que os compósitos de PP obtidos na mono-rosca.

Figura 2: Densidade dos materiais obtidos na Dupla-Rosca



A Dureza dos materiais está apresentada nas Figuras 3 e 4. Não houve uma variação significativa na dureza dos compósitos processados na mono-rosca. Considerando os compósitos obtidos na dupla-rosca, houve um aumento na dureza dos materiais (Figura 4). O compósito com maior teor de BCA processado na dupla-rosca (PP8515D) apresentou um aumento de aproximadamente 11% em relação ao PP sugerindo que uma possível interação esteja ocorrendo entre o PP e o BCA, favorecido pela melhor homogeneidade provocada pelo processamento na dupla-rosca.

Figura 3: Dureza dos materiais obtidos na Mono-Rosca

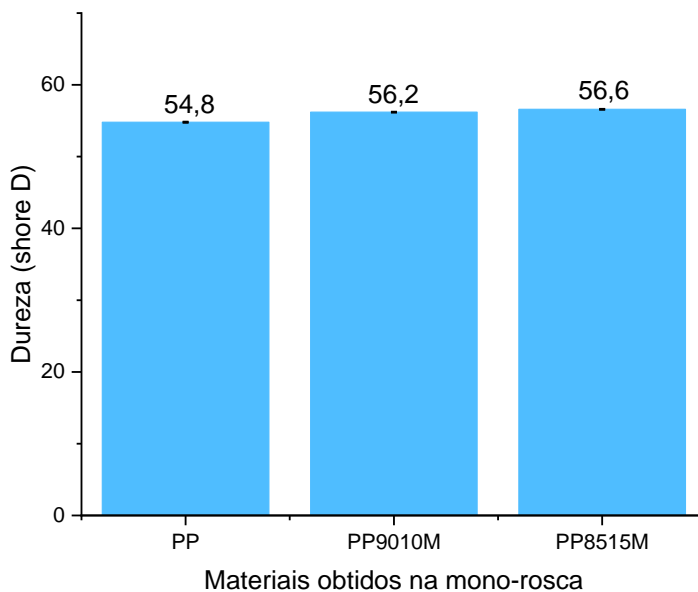
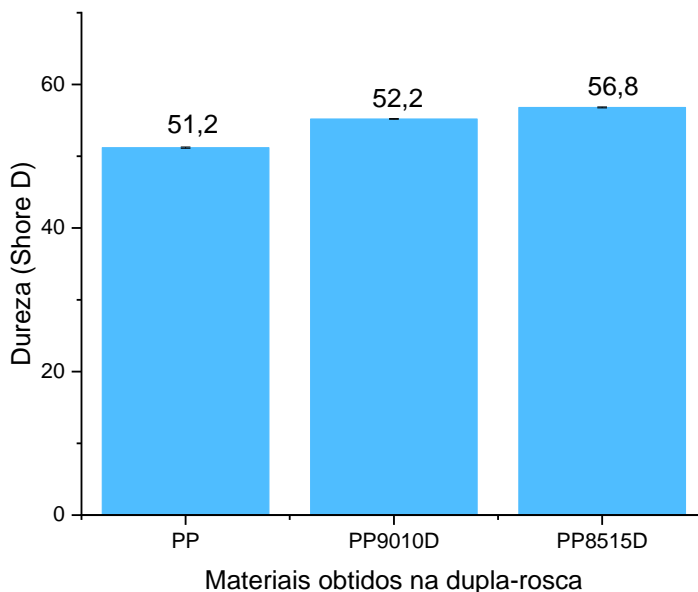


Figura 4: Dureza dos materiais obtidos na Dupla-Rosca



O MFI dos compósitos obtidos na mono-roasca e na dupla-roasca diminuiu com a incorporação da fibra (Figuras 5 e 6). O decréscimo é maior para concentrações maiores de fibra. Isto ocorre porque a fibra dificulta o escoamento pelo aumento da viscosidade (NUNES, et al., 2014; MATHEUS et al., 2020). A incorporação de cargas rígidas à matriz polimérica restringe a mobilidade livre da mesma, elevando, portanto, a

viscosidade aparente do material, o que implica em um menor MFI. O compósito PP8515M apresentou uma redução de 46% em relação ao PP processado na mono-rosca (Figura 5). Essa redução foi maior (55%) no compósito com o mesmo teor de fibra processado na dupla-rosca (PP8515D). Coelho et al. (2020) encontraram resultados semelhantes ao processar compósitos de PEAD com 10% de BCA em diferentes equipamentos (mono-rosca e dupla-rosca).

Figura 5: MFI dos materiais obtidos na Mono-Rosca

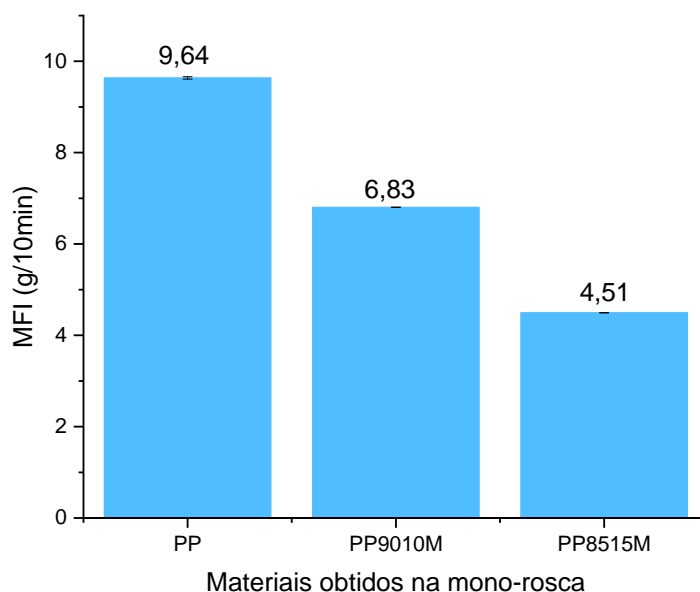
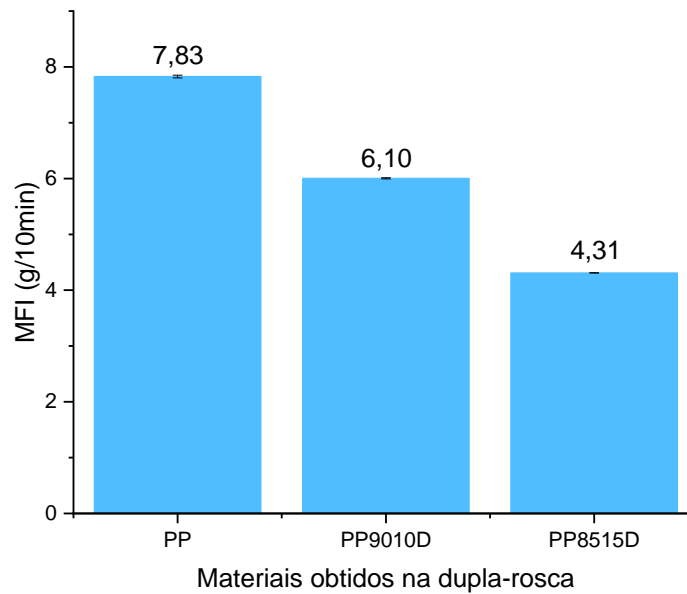
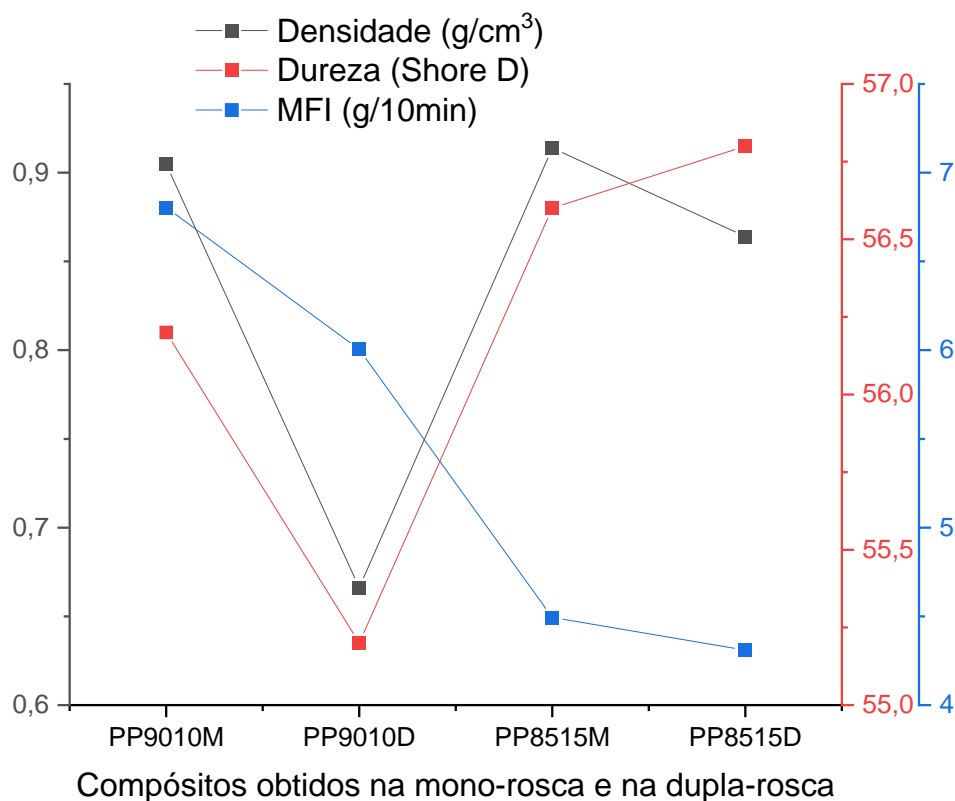


Figura 6: MFI dos materiais obtidos na Dupla-Rosca



O tipo de processamento promoveu modificações na Densidade e na Dureza dos compósitos obtidos, porém não afetou significativamente a variação do MFI dos compósitos (Figura 7) já que nos dois tipos de processamento (mono-rosca e dupla-rosca) foi observado uma tendência de diminuição independente do tipo de processamento. Considerando um mesmo processamento, a medida que o teor de BCA aumentou, ocorreu uma tendência de aumento da Densidade e na Dureza nos materiais obtidos na mono-rosca e na dupla-rosca. O MFI apresentou um comportamento contrário as outras propriedades (Densidade e Dureza), ou seja, a medida que aumentou o teor de BCA há uma tendência de diminuição independente do tipo de processamento.

Figura 7: Densidade, Dureza e MFI nos diferentes equipamentos avaliados



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compósitos de PP com bagaço de fibra de cana-de-açúcar BCA (10 e 15% em massa) foram preparados em duas extrusoras diferentes, mono e dupla-rosca. Os resultados obtidos mostraram que os materiais processados na extrusora dupla-rosca apresentaram menores valores de densidade em decorrência da melhor homogeneização dos compósitos. Não foram observadas mudanças nos valores de densidade dos compósitos obtidos na mono-rosca. Para os compósitos preparados na dupla-rosca verificou-se uma tendência de aumento na propriedade de dureza indicando uma melhoria da interação, corroborando os resultados de densidade. A adição da fibra diminuiu o MFI de todos os compósitos independentemente do tipo de processamento empregado, confirmando a presença do material de reforço na matriz polimérica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faperj.

REFERÊNCIAS

ASTM D792-13. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement. In: Annual Book of ASTM, 2013.

ASTM D2240-05. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness. In: Annual Book of ASTM, 2010.

ASTM D1238-01. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Melt flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer. In: Annual Book of ASTM, 2002.

CANDIDO, V.S.; SILVA, A.C..D. ; SIMONASSI, N.T. ; LUZ, F.S.D.; MONTEIRO, S.N. Toughness of polyester matrix composites reinforced with sugarcane bagasse fibers evaluated by Charpy impact tests, *J. Mater. Res. Technol.* v. 6 (2017) 334–338.

CARASCHI, J.C.; PRATES, G.A.; LEÃO, A. L.; ALMEIDA, C. C. Compósitos de polipropileno reforçado com capim-elefante / grass as reinforcement of polypropylene. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. 9(3): 236-246, 2015.

CERQUEIRA, E.F. ; BAPTISTA, C.A.R.P.; MULINARI, D.R. Mechanical behaviour of polypropylene reinforced sugarcane bagasse fibers composites, *Proc. Eng.* 10 (2011) 2046–2051.

COELHO, K.V.S.; SANTANA, J.C.L.; BASTOS, D.C; LIBANO, E.V.D.G; PEREIRA, SCP. Compósitos PEAD/bagaço de cana-de-açúcar: influência do processamento e fonte de PEAD. *Revista Univap - revista.univap.br.São José dos Campos-SP-Brasil*, v. 26, n. 51, 2020. ISSN 2237-1753.

MAHMUD, M. A., & ANANNYA, F. R. (2021). Sugarcane bagasse - A source of cellulosic fiber for diverse applications. *Heliyon*, 7(8), e07771. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e07771 .

MARCOVICH, N. E.; ARANGUREN, M. I.; REBOREDO, M. M. Modified woodflour as thermoset fillers - Part1. Effect of the chemical modification and percentage of filler on the mechanical properties. *Polymer*, v.42, p.815-825,2001.

MATHEUS, D.N.; BASTOS, D.C.; LIBANO, E.V.D.G.; PEREIRA, P.S.C.P. Comportamento físico-mecânico, térmico, estrutural e morfológico em compósitos de polietileno de alta densidade pós-consumo e fibras curtas de sisal (PEADpc/FS) com e sem compatibilizante. *Brazilian Journal of Development, Curitiba*, v. 6, n. 5, p. 32725-32742, 2020.

MOUBARIK, A.; GRIMI, N.; BOUSSETTA, N. (2013). Structural and thermal characterization of Moroccan sugar cane bagasse cellulose fibers and their applications as a reinforcing agent in low density polyethylene. *Composites Part B: Engineering*, 52, 233–238. doi:10.1016/j.compositesb.2013.04.040

NUNES S. G.; BORGES T. E.; DA SILVA L. V.; AMICO S. C.; AMADO F. D. R.; DAMM D. D. Polipropileno reciclado reforçado por fibras de piaçava: propriedades físicas. Universidade Estadual de Santa Cruz, Santa Cruz, 2014.

STARK, N. M.; ROWLANDS R. E. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. *Wood fiber science* . 35, p. 167-174, 2003.

SUBRAMONIAN, S.; ALI, A.; AMRAN, M.; SIVAKUMAR, L.D.; SALLEH, S.; RAJAIZAM, A. Effect of fiber loading on the mechanical properties of bagasse fiber-reinforced polypropylene composites, *Adv. Mech. Eng.* 8 (2016) 1–5.

VALLEJOS, M.E.; CURVELO, A.A.S.; TEIXEIRA, E.M.; MENDES, F.M.; CARVALHO, A.J.F.; FELISSIA, F.E.; AREA, M.C. Composite materials of thermoplastic starch and fibers from the ethanol–water fractionation of bagasse. *Industrial Crops and Products*. v.33(3), (2011) 739–746.

VANEEWARI, N. AND SARANYA, D.V. Effect of silane coupling agent on the mechanical steel of sugarcane bagasse and polypropylene composites, *Materials Today: Proceedings*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.579>