

EFEITO DE RESÍDUO DE BORRACHA EM COMPÓSITOS COM FARINHA DE MADEIRA

Michele Damiana Mota Martins, michele.motamartins@gmail.com¹

Joyce Batista Azevedo, joyceazevedo@fieb.org.br¹

Larissa da Silva Paes Cardoso, larissa.paes@fieb.org.br¹

Leonardo Gaspar Dias, leogaspardias@hotmail.com²

Manuela Viveiros Ferraz, smartcompositosbrasil@gmail.com²

Rafael Ribas Gondin de Barros, rafabarros1@hotmail.com²

Thiago Fernandes Barbosa, thiago.fernandes.barbosa@gmail.com²

¹Centro Universitário SENAI CIMATEC, BA, Brasil, michele.motamartins@gmail.com

²Smart Compósitos Brasil, BA, Brasil, smartcompositosbrasil@gmail.com

Resumo: O presente artigo visa estudar a influência nas propriedades mecânicas de resíduos de borracha micronizados proveniente do reaproveitamento de pneus. Para isso, foram desenvolvidos compósitos com polipropileno reciclado, farinha de madeira, resíduo de borracha e carbonato de cálcio em extrusora dupla rosca e avaliado o comportamento mecânico sob flexão e impacto. Os resultados mostraram que o resíduo de borracha não influenciou positivamente nas propriedades mecânicas estudadas, possivelmente devido ao seu tamanho médio de partícula e formações de aglomerados na matriz.

Palavras-chave: Compositos poliméricos, farinha de madeira, resíduo de borracha, polipropileno reciclado.

1. INTRODUÇÃO

O uso de fibras naturais em compósitos de matriz termoplásticas tem se mostrado uma importante alternativa para a indústria. O uso de resíduos de madeira para obtenção de compósitos poliméricos traz inúmeras vantagens para o produto obtido a partir dele como estabilidade dimensional, maior durabilidade em ambientes agressivos como marinas e piscinas, imitam em aspecto a madeira, além de dispensar o uso de proteção superficial como tintas e verniz (Correa *et al.*, 2003).

Neto *et al.* (2009) relata que os principais fatores que influenciam as propriedades mecânicas e os mecanismos de falha em compósitos com reforço de fibras são os seguintes: propriedades do reforço e da matriz, fração volumétrica de reforço (fibras), orientação do reforço e seu comprimento, propriedades da interface reforço/matriz. Já as propriedades da interface reforço/matriz, por sua vez, são influenciadas por: resistência ao cisalhamento interfacial, tenacidade à fratura interfacial, encolhimento da matriz e o coeficiente interfacial de fricção.

Segundo Mondardo (2006), os compósitos com fibras naturais formam uma nova classe de materiais que tendem a ter grande potencial comercial e econômico. Neste artigo utilizou-se a farinha de madeira.

A farinha de madeira é composta basicamente por celulose, hemicelulose, lignina, ceras de baixo peso molecular e taninas (Mondardo, 2006). A celulose é o principal componente da parede celular da fibra. Caracteriza-se por ser um polímero semi-cristalino com configuração isotática. A lignina é um polímero tridimensional de ligações cruzadas e a hemicelulose atua como um agente de acoplamento entre a celulose e a lignina (Gondak, 2005).

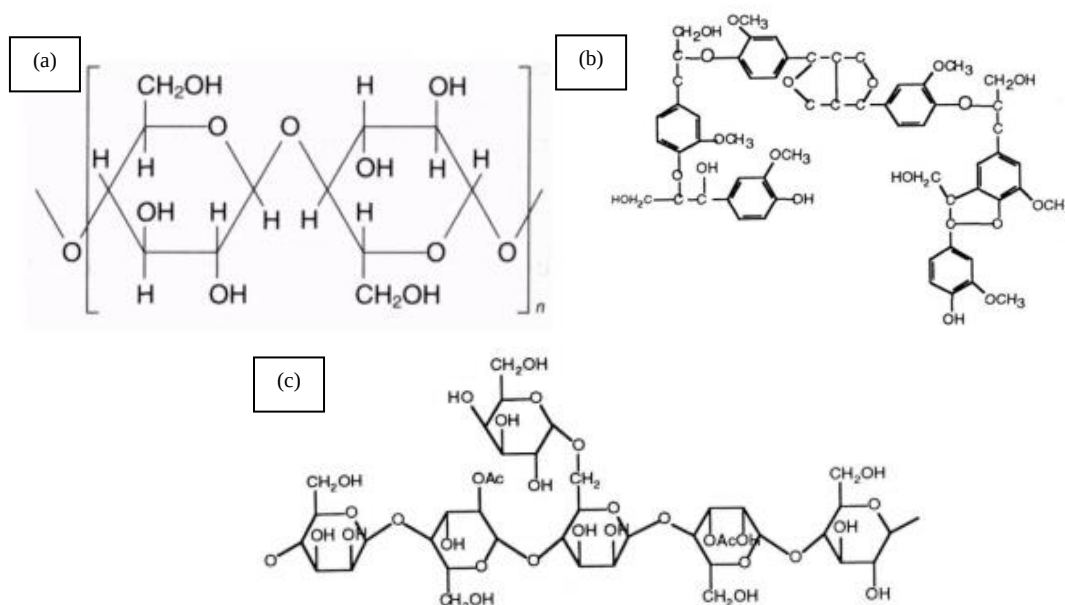


Figura 1: (a) Estrutura química da celulose; (b) Fragmento de lignina da madeira de conífera; (c) Hemicelulose da madeira de conífera. Gondak, (2005).

Associado a farinha de madeira, utilizou-se neste estudo o polipropileno reciclado como fase matriz dos compósitos desenvolvidos. O polipropileno é um dos termoplásticos mais utilizados no mundo e, devido ao seu alto consumo, ele contribui significativamente na ocupação em volume dos aterros sanitários, permanecendo por longos anos, devido ao tempo de degradação (Santos, 2012). Assim, a utilização de polipropileno reciclado agrega um alto valor sustentável ao produto final. Segundo Poletto, (2017), os polímeros termoplásticos apresentam importante vantagem quando comparado aos polímeros termofixos. Os termofixos, após passarem pelo processo de cura, apresentam reticulação das cadeias poliméricas, inviabilizando os seu processo de reciclagem por métodos mecânicos, como moagem e reprocessamento. Poletto, (2007) afirma também que um fator limitador para a utilização de matrizes poliméricas em compósitos com fibras naturais é a temperatura de processamento, que deve ser inferior a 200 °C para assim, não ocorrer à degradação da fibra.

Além disso, foi incorporado às formulações resíduos de borracha provenientes do reaproveitamento de pneus e avaliado sua influência nas propriedades mecânica dos compósitos. Segundo Silva *et al.* (2012), a dificuldade de degradação e de armazenamento de rejeitos de pneus vem a cada ano acentuando os problemas ambientais, além de contribuir para a proliferação de insetos e roedores. Pesquisas científicas vêm sendo desenvolvidas na utilização de sucatas de pneus em produtos cerâmicos e poliméricos.

Segundo Martins, (2001) o comportamento de compósitos com borracha reforçada com fibras, além das características da fibra vegetal, depende também da compatibilidade entre a borracha hidrofóbica e a fibra hidrofílica. A interface entre o reforço e a matriz é um dos parâmetros fundamentais para que ocorra a transferência da solicitação mecânica da matriz para o reforço. A baixa adesão entre as fases compromete o desempenho do compósito (Martins, 2001).

A utilização de cargas minerais em compósitos dava-se puramente por razões econômicas, com o objetivo de reduzir o custo de produção, sendo empregada como carga de enchimento. Todavia, com os avanços tecnológicos, as cargas ganharam maior importância e passaram a ser vistas como elemento para melhoria de características físicas e químicas dos produtos (Garay, 2010). Para aplicações gerais, as cargas mais usadas são carbonato de cálcio, talco e caulim. Neste trabalho, foi empregado o carbonato de cálcio. Apesar do uso disseminado, existem poucos estudos relacionados à influência do carbonato de cálcio nas propriedades finais dos compósitos.

Portanto, este artigo visa estudar a influência de resíduos de borracha em compósitos com polipropileno reciclado, farinha de madeira e carbonato de cálcio processados em extrusora dupla rosca.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a fase matriz dos compósitos desenvolvidos utilizou-se um polipropileno reciclado (PR) fornecido pela empresa CPA (Central de Plásticos Abrantes), com índice de fluidez de 6,9 g/10 min. Como fase dispersa foi utilizada a farinhas de madeira (FM) com tamanho médio de partícula de 207µm. Além disso, utilizou-se o carbonato de cálcio (CaCO₃) com granulometria de 325 mesh e um resíduo de borracha micronizada (BR) proveniente do reaproveitamento de pneus.

Tabela 1. Formulações desenvolvidas.

CONSTITUINTES	FI (%)	F2 (%)	F3 (%)
PR	100	70	50
FM	-	20	20
CaCO ₃	-	10	10
BR	-	-	20

2.1. Métodos

As formulações desenvolvidas foram elaboradas no Laboratório de Transformação de Plástico no SENAI CIMATEC em extrusora dupla rosca modular corrotacional, fabricada pela Imacom, modelo DRC 30:40 IF com diâmetro de rosca de 30 mm, razão L/D = 40 e perfil de rosca de média intensidade. As fibras vegetais são higroscópicas, ou seja, absorvem muita água. Assim, a farinha de madeira foi seca em estufa a 100 °C, por um período de 8 horas antes de passarem pelo processo de pré-mistura e extrusão. Após a secagem e pré-mistura, as formulações foram dosadas no ponto de alimentação principal da extrusora por meio de um dosador volumétrico. Ao fim do processo de extrusão, os pellets foram secos em estufa a 100 °C por um período de 12 horas e, somente após a secagem, foram injetados para obtenção dos corpos de prova.

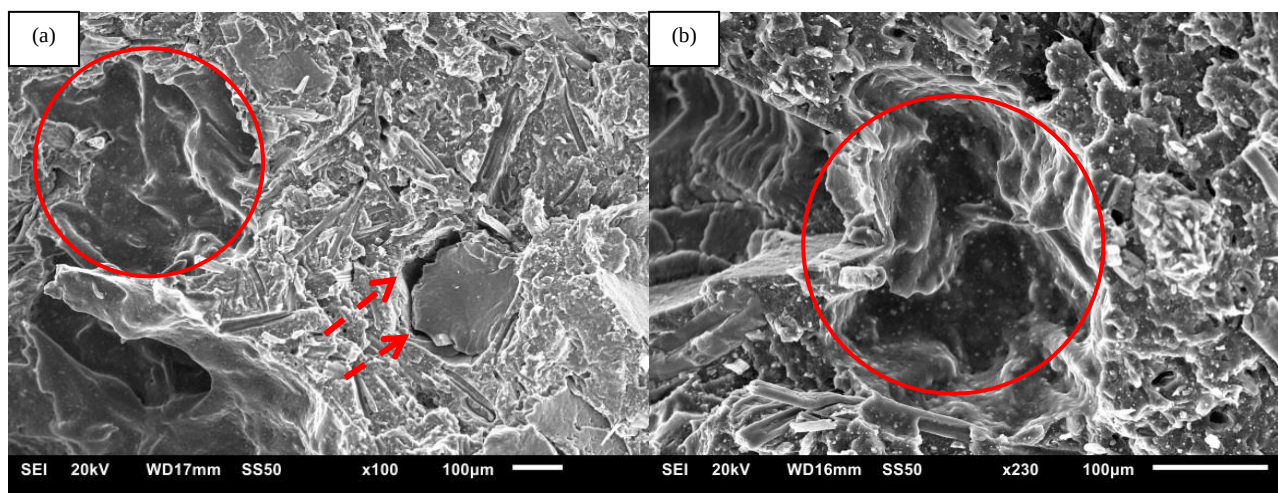
Os corpos de prova foram injetados, atendendo as normas ISO 178 para ensaio de flexão. Utilizou-se uma injetora com capacidade de 100 toneladas de força de fechamento, fabricada pela ROMI modelo Primax.

2.2. Caracterização

Os corpos de prova foram caracterizados mecanicamente através de ensaio de flexão, seguindo a norma ISO 178, e resistência a impacto, norma ISO 180. Os ensaios de flexão foram elaborados em máquina universal de ensaios Emic Modelo DL 2000. Os ensaios de impacto foram realizados em uma máquina Instron, modelo CEAST 9050, com martelo de 2,7 J e configuração IZOD, sem entalhe. A superfície de fratura dos compósitos foi analisada através de microscópio eletrônico de varredura da marca Joel, modelo JSM-6510LV com magnificação de 100x.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Por meio da microscopia eletrônica de varredura observou-se que não houve um bom ancoramento da borracha micronizada na matriz termoplástica (indicado pela seta intermitente). Essa baixa interação impede que as tensões aplicadas na matriz sejam transferidas para a borracha micronizada, afetando negativamente as propriedades mecânicas. Além disso, é possível notar que a borracha micronizada (área circulada) foi arrancada da matriz polimérica quando submetidas a impacto, mostrando o baixo molhamento desse material na matriz.



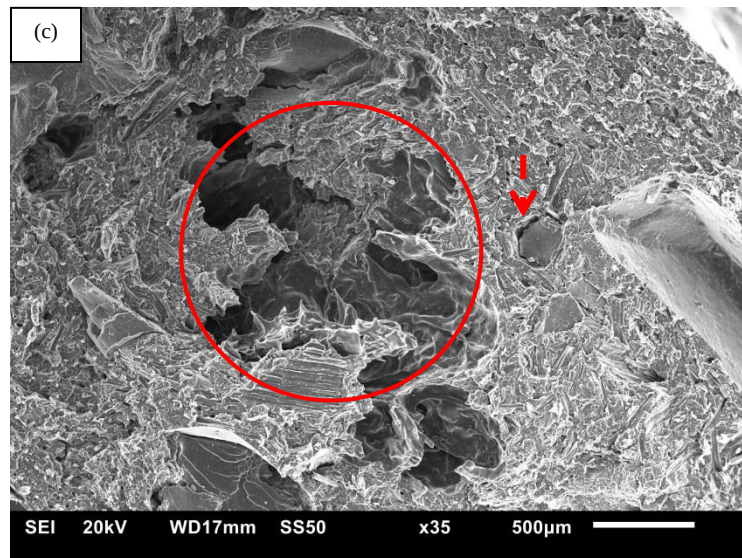


Figura 2: Microscopia da formulação com 20% de borracha micronizada. (a) e (b) Ampliação da superfície de fratura x100 e x230; (c) Superfície de fratura.

A Figura 3 e 4 mostram os resultados dos compósitos sob flexão. Observou-se que houve um aumento da rigidez em relação ao polipropileno reciclado (Fig. 3). A formulação F2, sem a presença da borracha e com 20% de farinha de madeira apresentou rigidez superior a 50% quando comparado à formulação com 20% de borracha e 20% de farinha de madeira. A presença de uma fase mais rígida no polímero contribuiu para o aumento da rigidez do compósito bem como pela redução da mobilidade do polímero o que contribuiu para o aumento do módulo de elasticidade.

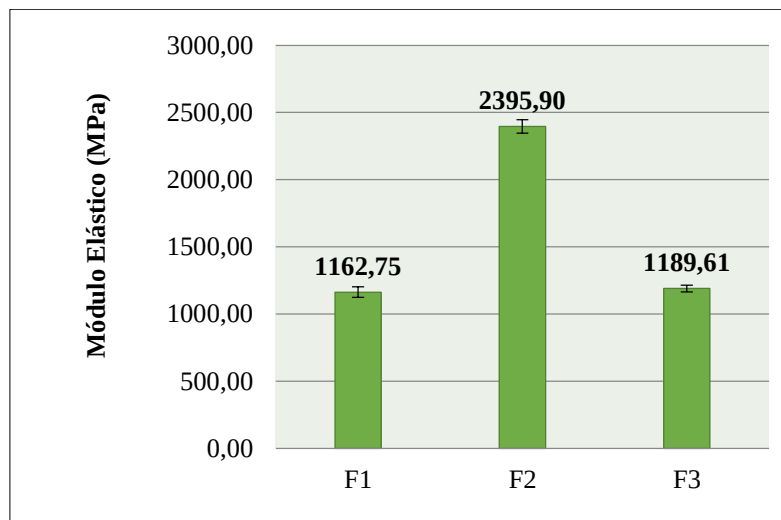


Figura 3: Propriedades mecânicas sob flexão, módulo elástico.

Para os resultados de tensão máxima (Fig. 4), observa-se que a formulação F2 apresentou um aumento de aproximadamente 41% em relação ao polímero reciclado. Através desses resultados é possível verificar uma boa adesão entre as fases do compósito, mas, esse comportamento não é observado na formulação com 20% de borracha. É possível verificar na microscopia eletrônica que a borracha não apresentou compatibilidade com a matriz. Isso impediu que a tensão aplicada na matriz fosse transferida para a borracha, reduzindo essa propriedade.

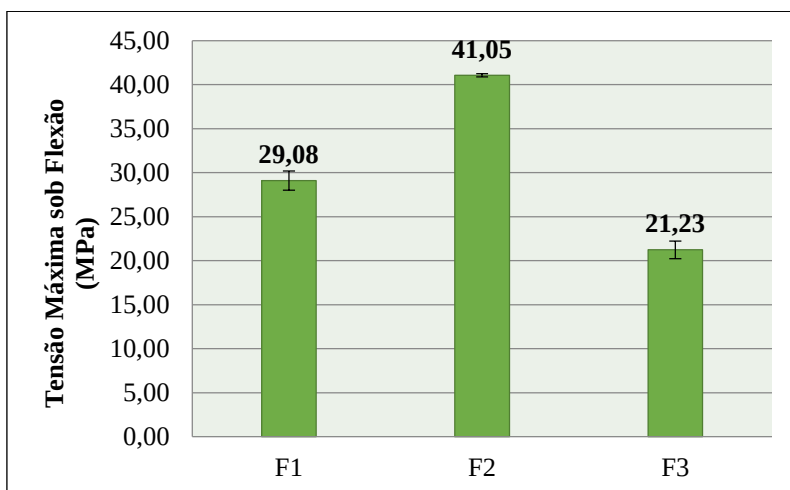


Figura 4: Propriedades mecânicas sob flexão, tensão máxima.

Ao avaliar a resistência ao impacto (Fig. 5) verificou-se uma redução significativa dos compósitos quando comparado ao polipropileno reciclado puro. Isso ocorreu devido à má dispersão da farinha de madeira e da borracha na matriz, formando pontos concentradores de tensão, reduzindo a resistência ao impacto. Para a formulação F3, outro importante fator foi à presença da borracha micronizada, contribuindo para o rompimento prematuro do corpo de prova.

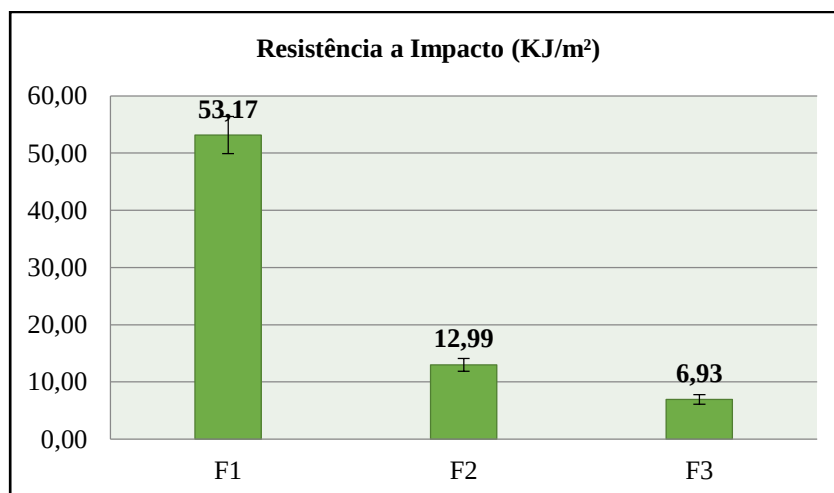


Figura 5: Resistência a impacto dos compósitos.

4. CONCLUSÃO

O uso de farinha de madeira em compósitos com PP reciclado contribuiu para o aumento da rigidez e resistência a tração. No entanto, quando adicionado resíduo de borracha verifica-se uma perda das propriedades do material que está associada à incompatibilidade da borracha a matriz termoplástica adotada no estudo. Além disso, as fases dispersas não obteve boa dispersão na matriz, formando aglomerados, reduzindo as propriedades mecânicas das formulações.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Senai – Cimatec pela disponibilidade dos seus laboratórios em pesquisas científicas, promulgando a inovação tecnológica. A Fabesp pela bolsa de iniciação científica.

6. REFERÊNCIAS

Correa, C. A. *et al.*, 2003, “Compósitos Termoplásticos com Madeira”, *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 13, nº 3, p. 154-165.

- Garay, A.C., 2010, “Efeito da Adição de Carbonato de Cálcio em Compósitos Poliméricos Moldados por RTM e RTM LIGHT”, Trabalho para Titulação de Mestre – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Gondak, M.de O., 2005, “Desenvolvimento de Composto Termoplástico – Farinha de Madeira – Amido de Milho para Moldagem por Injeção”, Trabalho para Titulação de Mestre. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba.
- Martins, M.A., “Fibra de Sisal: mercerização, acetilação e aplicação em compósitos de borracha de pneu triturado”, Trabalho para Titulação de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.
- Mondardo, F.H., 2006, “Compósitos de Polipropileno e Farinha de Madeira”, Trabalho para Titulação de Mestre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Neto, F.L., 2009, “Compósitos Estruturais Ciência e Tecnologia”, Ed. Blucher, São Paulo, Brasil, pp. 183.
- Poletto, M., 2017, “Compósitos termoplásticos com madeira - uma breve revisão”, Revista Interdisciplinar de Ciências Aplicada, v. 02, nº 4.
- Santos, B.B. dos, 2012, “Compósitos de polipropileno reciclado e pó de coco”, Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Silva, A.S et al., 2012, “Incorporação de Resíduos de Borracha em Compósitos de Matriz Polimérica Termorrígida”, Revista Matéria, v. 17, nº 4, pp. 1158 – 1165.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

EFFECT OF RUBBER RESIDUE IN COMPOSITES WITH MADEIRA FLOUR

Michele Damiana Mota Martins, michele.motamartins@gmail.com¹

Joyce Batista Azevedo, joyceazevedo@fieb.org.br¹

Larissa da Silva Paes Cardoso, larissa.paes@fieb.org.br¹

Leonardo Gaspar Dias, leogaspardias@hotmail.com²

Manuela Viveiros Ferraz, smartcompositosbrasil@gmail.com²

Rafael Ribas Gondin de Barros, rafabarros1@hotmail.com²

Thiago Fernandes Barbosa, thiago.fernandes.barbosa@gmail.com²

¹University Center SENAI CIMATEC, BA, Brazil, michele.motamartins@gmail.com

²Smart Compósitos Brasil, BA, Brazil, smartcompositosbrasil@gmail.com

Abstract. *The present article has as objective to study the influence on the mechanical properties of micronized rubber residues from the reuse of tires. For this, composites with recycled polypropylene, wood flour, rubber residue and calcium carbonate were developed in a double screw extruder and the mechanical behavior under flexion and impact was evaluated. The results showed that the rubber residue did not positively influence the mechanical properties studied, possibly due to its average particle size and agglomerate formations in the matrix.*

Keywords: *Polymeric composites, Wood flour, Waste rubber, Recycled polypropylene.*