



ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD) COM A INCORPORAÇÃO DE SERRAGEM DE MADEIRA POR INJEÇÃO PLÁSTICA.

Ramon G. de Souza¹, Renata de O. Teixeira², Renato M. Teixeira¹

1 - Escola Superior de Tecnologia (EST), Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Av. Darcy Vargas, 1.200 - Parque Dez de Novembro, Manaus, CEP 69050-020, AM.

2 - Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 – Coroado, Manaus, CEP 69067-005, AM.

rgds.emt16@uea.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise do comportamento mecânico de compósitos a partir da utilização da serragem de madeira utilizando o polímero termoplástico polietileno de alta densidade (PEAD). A qualidade dos produtos foi avaliada com base nas prescrições do documento normativo ASMT D638 com a determinação da Carga de resistência, Limite de resistência, Módulo de Elasticidade (MOE) e Módulo de Ruptura (MOR) no ensaio mecânico de tração. Após análise dos resultados, os compósitos avaliados apresentaram uma variação média de 10,78 MPa de limite de resistência a tração para a amostra tipo A de PEAD com serragem em pó e 11,16 MPa para a amostra tipo B de PEAD com serragem em lascas, MOE médios de 0,457 GPa e 0,387 GPa e para o MOR médios de 22,26 N e 31,52 N respectivamente, sendo classificados, a amostra B com serragem em lascas apresenta uma maior resistência que a amostra A com serragem em pó.

Palavras-chave: serragem de madeira, reciclabilidade, polietileno de alta densidade

INTRODUÇÃO

“A crescente preocupação com o meio ambiente e a demanda por produtos ecologicamente corretos tem levado a busca por materiais de fontes renováveis para serem utilizados em diferentes segmentos industriais. Além disso, a criação de leis ambientais mais rígidas tem promovido mudanças na indústria, no sentido de desenvolver processos e produtos de menor impacto ambiental, compatíveis com o meio ambiente. As fibras vegetais inserem-se neste contexto sob todos os pontos de vista, uma vez que são de fonte renovável, recicláveis e em países tropicais como o Brasil, são produzidas em abundância⁽¹⁾.”

“Os compósitos são uma classe de materiais que a cada dia ganha mais importância tecnológica na sua preparação, visando melhorar as propriedades dos materiais. Uma prancha de surfe é um exemplo típico de um compósito onde as fibras de vidro são envolvidas em um polímero. Podemos citar também o concreto que apresenta uma boa resistência à compressão e baixa resistência à tração e pode formar um compósito com o aço, que tem boa resistência à tração⁽²⁾.”

“A natureza também tem os seus próprios compósitos, a madeira apresenta suas células envoltas em ligninas, que confere propriedades como elevada resistência ao impacto, à compressão e a dobra. Sendo um material multifásico, um compósito exhibe além das propriedades inerentes de cada constituinte, propriedades intermediárias decorrentes da formação de uma região interfacial⁽³⁾.” “O uso de recursos vegetais para a produção de materiais poliméricos é uma alternativa de grande importância tecnológica por ser biodegradável, ter um baixo custo, uma baixa densidade e abrasividade, contribuindo para produção de um material que, além de colaborar com o meio ambiente, possui boas propriedades físicas e mecânicas⁽⁴⁾.” “A eficiência do reforço fibroso depende da escolha da matriz polimérica a ser utilizada para a fabricação do compósito, bem como de diferentes parâmetros, tais como dispersão e o comprimento das fibras, suas propriedades e a fração volumétrica dos componentes presentes⁽⁵⁾.” “Diversos fatores tais como interação entre as fases, a geometria, tamanho, distribuição e orientação são muito importantes para as propriedades finais específicas dos compósitos poliméricos⁽⁶⁾.”

“As fibras longas (razão de aspecto $L/D > 100$) e orientadas na direção do esforço oferecem uma transferência de tensões mais efetiva do que as fibras curtas, onde as extremidades podem atuar como concentradores de tensão, diminuindo a resistência do material^(7,8).” “Para a utilização de fibras curtas, existe um comprimento crítico mínimo para que as mesmas atuem como reforço na matriz polimérica e resultem em desempenhos mecânicos satisfatórios⁽⁹⁾.” “Outro fator importante é a adesão interfacial entre as fibras e a matriz polimérica, uma vez que quanto maior a afinidade química das fases presentes, maior será a transferência de tensões da matriz para as fibras, resultando em aumento das propriedades mecânicas do compósito^(10,11).”

Os resíduos de serragem da madeira sempre se mostraram como um material produzido em excesso e na maioria das vezes com destino indefinido. Depois que as toras são serradas e a madeira processada, cria-se uma grande quantidade de serragem que fica acumulado nos depósitos das serrarias, sem utilidade, prejudicando ainda, o meio ambiente. Quando as serrarias são pequenas, a serragem é queimada, devido à falta de espaço, causando danos à natureza e as pessoas. No entanto, essas serragens podem ser reaproveitadas para produção de compósitos, atuando como reforços. A partir disso, termoplásticos como o polietileno de alta densidade (PEAD), tem um grande potencial de atuar como matriz polimérica nesses compósitos, pois apresenta no estado sólido, boas propriedades físicas e químicas. “O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) é polímero atóxico e possui uma estrutura molecular regular e estável, resultando em produtos com características superiores às de outros materiais plásticos, exhibe baixa reatividade química, é resistente ao calor, confere características de densidade e boa resistência a ácidos e solventes. O conjunto de propriedades estáveis, baixo custo e facilidade de processamento torna o PEAD um polímero de ampla aplicabilidade⁽¹²⁾.”

O correto processamento da madeira, reduz significativamente a geração de resíduos, além de possibilitar sua reutilização e reciclagem, por meio da transformação dos mesmos em novas matérias-primas que possam gerar uma infinidade de produtos de boa qualidade, ou seja, o uso da serragem de madeira como matéria-prima é uma das alternativas para a crescente procura de novos materiais. As fibras nestes sistemas são geralmente descontínuas, facilitando o processamento por extrusão, que é utilizado geralmente no processamento das matrizes. O processo de extrusão utiliza aquecimento e cisalhamento controlados, o que promove uma boa mistura dos componentes. Após esse processo, os compósitos podem ser moldados por injeção para a obtenção da forma final dos produtos.

Visando o aproveitamento de materiais de fontes renováveis e com viabilidade para serem utilizados em diversos setores tecnológicos. “A evolução técnico-científica da humanidade dá a sociedade o direito de exigir que pesquisadores desenvolvam seus trabalhos sem ferir os sistemas ecológicos existentes. Desta forma, a melhor maneira de respeitá-los será o

desenvolvimento de produtos de mercado que, além de melhorarem significativamente o conforto ambiental das edificações a baixo custo, deem ao resíduo excedente um destino mais nobre do que a combustão⁽¹³⁾.”

Este trabalho visou o desenvolvimento de um material compósito a base de termoplástico e diferentes tipos de serragem (em pó e em lascas), agregando-se valor à matéria-prima pelo uso mais nobre e contribuindo com a criação de um material que possui propriedades mecânicas satisfatórias para o uso industrial, utilizando-se um material de baixo custo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Serragem de madeira

Composta por 3 tipos de madeira (angelim, cedrinho e louro), inicialmente, uma parte do resíduo de serragem foi moído a pó no moinho da marca Tecnal, modelo TE 680 tipo Wiley de potência 1100W com utilidades para moagem de amostras secas de couro, folhas, raízes, madeira e caules (diâmetros até 2 cm) e pellets de plásticos e outros, em amostras iguais ou superiores a 1,5 mm. Sendo posteriormente peneirado em 3 etapas em aço inox com malha mesh 10, 20, 30 para a eliminação das partículas maiores que o comprimento 1,5 mm do grão e o restante permaneceu em “Lascas” como foi fornecido. Em seguida, ambos foram secos em uma estufa em 50 °C por 2 horas.



Figura 1: Serragem de madeira em pó e serragem de madeira em lascas.

Polietileno de alta densidade (PEAD)

Para a confecção dos corpos de prova, foi utilizado a matriz polimérica do termoplástico polietileno de alta densidade reciclado em grãos que foi para a secagem na estufa em 50 °C por 2 horas.

Produção

Após as secagens dos materiais, foi realizado as pesagens para o tipo de corpo de prova (A) com 20g para a serragem moído à pó com 20g de grãos de PEAD e para o corpo de prova (B) 20g para a serragem em “lascas” com 20g de PEAD, totalizando 40g para cada tipo de corpo de prova para a mistura do compósito. Em seguida, foi produzido quatro corpos de prova para o tipo (A) e quatro corpos de prova para o tipo (B) pelo processo de Injeção Plástica, com equipamento do modelo AX Plásticos com o aquecimento em 280 °C, disponível no laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), localizado na UEA/EST.

Caracterização

Os compósitos foram ensaiados mecanicamente, segundo a Norma (ASMT D638), através de ensaio de tração em máquina de ensaios Universal (INSTRON) para determinar as principais propriedades mecânicas como módulo de elasticidade, resistência à tração, ductilidade e limite de resistência à tração. Foram estabelecidas como medidas dos corpos de prova como 6 mm de largura, 3,20 mm de espessura e 33,0 mm de comprimento com a velocidade de 5 mm por segundos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram expostos resultados da caracterização mecânica dos compósitos avaliados em suas diferenças de resistências sob a aplicação das duas distintas incorporações da serragem de madeira. São apresentados valores experimentais médios e respectivos coeficientes de variações das propriedades mecânicas de Carga em resistência à tração, Limite de resistência, Módulo de elasticidade (MOE), Deslocamento em escoamento e Módulo de ruptura (MOR). A figura 6(a) mostra os resultados obtidos nos ensaios mecânicos dos quatro corpos de prova da amostra tipo (A) de PEAD com a serragem de madeira em pó e a figura 6(b) apresenta os resultados obtidos nos ensaios mecânicos dos quatro corpos de prova do tipo (B) do PEAD e serragem de madeira em lascas.

Tabela 1: Valores experimentais médios de variações das propriedades mecânicas.

CP's	Amostra tipo (A) – PEAD + Serragem em pó	Amostra tipo (B) – PEAD + Serragem em Lascas
Carga em resistência à tração [N]	206,97 N	214,28 N
Limite de Resistência [MPa]	10,78 MPa	11,16 MPa
Módulo de Elasticidade [GPa]	0,457 GPa	0,387 GPa
Deslocamento em escoamento [mm]	0,12 mm	0,16 mm
Módulo de Ruptura [N]	22,26N	31,52 N

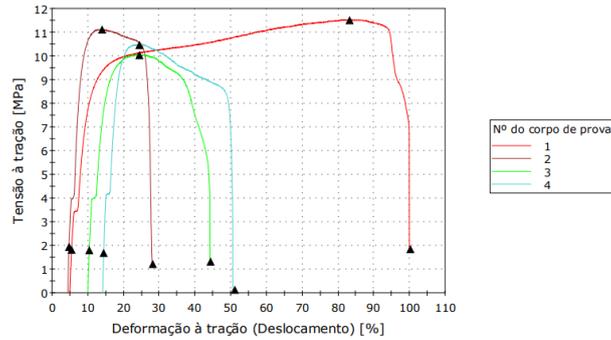


Figura 2: Gráfico do comportamento mecânico da amostra tipo A do PEAD + Serragem em pó.

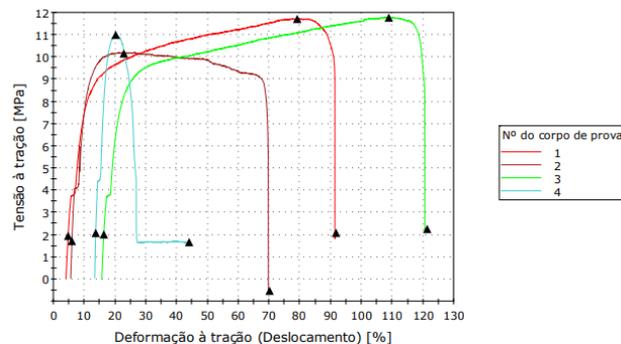


Figura 2: Gráfico do comportamento mecânico da amostra tipo B do PEAD + Serragem em lascas.

Pela tabela 1 verificam-se que, em mesma proporção de quantidade para ambos, os compósitos contendo serragem em lascas obtiveram mais resistência à tração que os compósitos com serragem em pó. As composições de alimentação conjunta apresentaram os maiores valores de resistência à tração. Nota-se que o módulo de elasticidade é maior para amostra do tipo A (PEAD + serragem em pó) em comparação a amostra do tipo B (PEAD + serragem em lascas), logo o tipo A apresentou uma menor deformação elástica resultante no ensaio, já o compósito tipo B que apresentou um módulo de elasticidade menor, possui uma deformação elástica resultante maior por ser mais resistente a tração.

Já a deformação plástica no tipo B foi maior em relação ao tipo A, caracterizando-o como um compósito mais dúctil do que o tipo A. Pode-se afirmar que diversos fatores tais como interação entre as fases, a geometria, tamanho, distribuição, orientação e a quantidade do reforço são muito importante para as propriedades finais específicas dos compósitos poliméricos, ou seja, a incorporação da serragem de madeira em pó na matriz polimérica apresenta resistência menor, devido as fibras serem “curtas” possuindo uma baixa razão de aspecto e com isso as extremidades dos corpos de prova podem atuar como concentradores de tensão, já a amostra do tipo B, por apresentar fibras “longas” em lascas, de modo experimental, possibilita uma resistência maior à tração, por ter uma maior razão de aspecto, proporcionando uma transferência de tensões mais efetiva.

CONCLUSÕES

Uma boa adesão entre a matriz polimérica e o reforço é necessária para se obter propriedades mecânicas satisfatórias. Conclui-se que a presença de resíduos de serragem de madeira em lascas, traz mais vantagens do que a serragem de madeira em pó pois proporciona uma maior resistência a esse compósito devido a maior capacidade de transferirem os esforços aplicados sobre a matriz diretamente para o reforço. Um agente de acoplamento é necessário para

melhorar a interação entre a matriz polimérica e o reforço proporcionando a este material melhores propriedades permitindo que os compósitos sejam utilizados em peças estruturais.

REFERÊNCIAS

1. MEGIATTO JUNIOR, J.D.; Fibras de Sisal: Estudo de propriedades e modificações químicas visando à aplicação em compósitos de matriz fenólica. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Ciência (Físico-Química), Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.
2. BLEZKI, A. K., ZHANG, W., CHATE, A. Composites Science and Technology, 1, p.2405.2001
3. SILVA, I. L. A. Propriedade e estrutura de compósito polimérico reforçado com fibras contínuas de juta. 2014. 110f. Tese de doutorado – Centro de Ciências e Tecnologia; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2014.
4. Fraga, A.N.; Frulloni, E.; Osa, O.; Kenny, J.M.; Vázquez, A. Relationship between water absorption and dielectric behaviour of natural fibre composite materials. *Polymer Testing* 25 (2006) 181–187.
5. AGARWAL, B.D; BROUTMAN, L.J.; Analysis and performance of fiber composites. Second edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, 449 p., 1990.
6. Neto F. L., Pardini L. C., Compósitos estruturais Ciência e tecnologia, Edgard Blücher: São Paulo, 2006
7. Livros: Marsh G. Reinforced Plastics 2003; 322:33-47.
8. Goh K. L., Aspden R. M., Hukins D. W. L. *Compos. Sci. Tech.* 2004; 64:1091-1100.
9. Franco H. J. P., González A. V. *Compos. Part B: Eng.* 2005; 36:597-608
10. JOSEPH, S.; SREEKALA, J.M.S.; OOMMEN, Z.; KOSHYC, P.; THOMAS, S.; A comparison of the mechanical properties of phenol formaldehyde composites reinforced with banana fibres and glass fibres. *Composites*
11. CALLISTER JÚNIOR, W.D.; Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ, 2008.
12. MANO, E. B. Introdução a polímeros 1 Eloisa Biasotto Mano, Luís Cláudio Mendes. - 2. ed. rev. e ampl. - São Paulo: Edgard Blücher, 2004.
13. GRANDI, L.A.C. Placas pré-moldadas de argamassa de cimento e pó-de-serra. Campinas: UNICAMP, 1995. 128p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 1995.

ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) COMPOSITION WITH THE INCORPORATION OF WOOD SAWDUST BY PLASTIC INJECTION.

ABSTRACT

This work presents an analysis of the mechanical behavior of composites from the use of wood sawdust using the high density polyethylene (HDPE) thermoplastic polymer. The quality of the products was evaluated based on the requirements of the normative document ASMT D638 with the determination of the resistance load, resistance limit, modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) in the mechanical tensile test. After analyzing the results, the evaluated composites showed an average variation of 10.78 MPa in the tensile strength limit for the type A sample of HDPE with powdered sawdust and 11.16 MPa for the type B sample of HDPE with sawdust in chips. , average MOE of 0.457 GPa and 0.387 GPa and for the average MOR of 22.26 N and 31.52 N respectively, being classified, the sample B with sawdust in chips presents a greater resistance than the sample A with sawdust in powder.

Keywords: wood sawdust, recyclability, high density polyethylene.