AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE COMPATIBILIZANTE A BASE DE POLIÉSTER-GLICOL NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO RECICLADO/FARINHA DE MADEIRA

T. F. Barbosa[3*], L. S. P. Cardoso[1], M. D. M. Mota[1], L. G. Dias[2], M. V. Ferraz[2], R. R. G. de Barros[2], J B. Azevedo[1], S. Luporini[3]

[1]Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC, Salvador, Bahia, Brasil

[2]Smart Compósitos Brasil, Salvador, Bahia, Brasil

[3] Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química-UFBa, Salvador, Bahia, Brasil

*thiago.fernandes.barbosa@gmail.com

RESUMO

Os agentes compatibilizantes são usados em compósitos com matriz polimérica objetivando uma melhor interface carga/matriz o que pode resultar em uma eficiente transferência de solicitação mecânica da matriz para a fase descontínua. Neste trabalho foi avaliado o efeito de compatibilizante a base de poliéster-glicol nas propriedades mecânicas de compósitos obtidos a partir de polipropileno reciclado e farinha de madeira. Para a produção dos compósitos utilizou-se uma concentração de 20% de farinha de madeira com granulometria de 207µm,10% carbonato de cálcio e até 8% de compatibilizante. Os compósitos foram processados em extrusora dupla rosca do Laboratório de Transformação de Plásticos do SENAI-CIMATEC. Foram obtidos resultados de tensão máxima sob flexão, tração e resistência ao impacto. Imagens de MEV foram utilizadas para avaliar a interface do polipropileno reciclado com a farinha de madeira na presença do compatibilizante. Verificou-se que a inserção do compatibilizante reduziu em até 12% a tração e de 8% a flexão.

Palavras-chave: Palavras-chave: Compósitos, reciclado, polipropileno, compatibilizante, poliéster-glicol

1 INTRODUÇÃO

As resinas termoplásticas usadas largamente no dia-a-dia podem ser recicladas e reprocessadas juntamente com as fibras vegetais para serem novamente aplicadas no cotidiano na forma de compósitos. Os materiais compósitos apresentam potencial tecnológico e estão sendo usados na indústria de construção civil, design, arquitetura e automobilística. O estudo do uso destes novos materiais oriundos do reprocessamento de termoplásticos com fibras pode evitar o descarte indevido de grande quantidade de resíduos plásticos e diminuir a exploração dos recursos não renováveis.

Este conceito está vinculado à conscientização da sociedade firmada no desenvolvimento sustentável ao qual exige a produção de materiais ecológicos de baixo custo e consumo de energia reduzida. Buscam-se produtos capazes de satisfazer requisitos fundamentais como a conservação de recursos naturais não renováveis e a manutenção de um ambiente saudável [(1)]. A nova geração de materiais compósitos plástico/madeira são materiais verdes, amigos do meio ambiente. [(2)]

Dentre as fibras vegetais que possuem potencial para obtenção de compósitos com matrizes termoplásticas estão o sisal, o coco e a madeira. Estas fibras são matérias primas abundantes no Brasil, sendo a Bahia o responsável por mais de 90% da produção nacional de sisal e o maior produtor de coco. Em 2010 a produção nacional de coco foi de 1,89 bilhões frutos e de sisal em 2012 foi 100 mil toneladas. Em relação ao resíduo do processamento de madeira, em 2013 o Brasil produziu 1,72 milhão de toneladas de cavaco e particulados de madeira. [(3)(4)] Com isso Brasil é também um grande gerador de resíduos de fibras que podem ter diversos usos, um deles é a aplicação destas fibras como carga em compósitos.

Os compósitos são materiais com duas ou mais fases, constituídas, no caso de um compósito polimérico, por uma matriz polimérica e uma fase dispersa, que no objeto deste estudo são as fibras vegetais, oriundas do processamento de madeira. Os materiais compósitos possuem propriedades únicas e sinergísticas, diferentes daquelas de seus componentes individuais.[(1)]

As fibras de madeira utilizadas em reforços e cargas para plásticos, também podem substituir materiais de alto custo, como a fibra de vidro. Nos WPC's (Wood-

Plastic Composites), o plástico melhora a resistência à umidade e ao ataque de insetos e fungos. Assim, as boas características de superfície, resistência e baixo custo são atrativos para o desenvolvimento de pesquisas com compósitos e suas possíveis aplicações de produtos inovadores.(5)

Um dos maiores desafios que podem ser encontrados na produção de compósitos plástico-madeira e que apresentam resultados satisfatórios nos ensaios físicos e mecânicos, segundo as normas relacionadas, é a adesão das fibras com a matriz polimérica, tendo em vista que muitos estudiosos fazem uso de agentes compatibilizantes na composição, a fim de proporcionar tal adesão. (5)

A adesão das fibras à resina polimérica, em algumas aplicações de compósitos, não é satisfatória, sendo necessário o uso de compatibilizantes, também chamados de agentes de acoplamento. Estes são usados para promover o ancoramento entre as fases do compósito. A melhor interação entre as fases resulta em uma transferência de esforços mecânicos mais eficaz da matriz para a fase dispersa. (6) Sendo assim, este trabalho investiga a influência de compatibilizante em propriedades mecânicas de compósitos de polipropileno reciclado com farinha de madeira.

Os outros aditivos utilizados visaram atender requisitos para um produto que está sendo desenvolvido pela empresa Smart Compósitos e o SENAI CIMATEC. No entanto, o objetivo deste trabalho limitou-se a avaliar apenas a influência de um compatibilizante a base de poliéster-glicol em um sistema composto por polipropileno reciclado, agentes de acoplamento, estabilizantes e carbonato de cálcio.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matéria Prima

Para obtenção dos compósitos foram utilizados os materiais listados abaixo:

- Polipropileno reciclado (PP rec): fornecido pela empresa CPA (Central de Plásticos Abrantes) com MI igual a 6,9 g/10min.
- Farinha de madeira (FM): com tamanho médio de partícula de 207μm, oriunda de resíduo de MDF, denominada de FF (Farinha fina).

- Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$:) com granulometria de 325 mesh.
- Compatibilizante Mix (CMIX): Concentrado de aditivos (lubrificantes, agente de acoplagem, anti UV e agente estabilizante antioxidante).
- Compatibilizante Protack RA- C70 (PTK): fornecido pela Inoquímica, é um polímero termoplástico de base poliéster-glicol de baixo peso molecular e alto teor de glicol, apresenta densidade entre 1,18 e 1,25 g/cm³.

Para avaliar a eficiência do Protack (PTK) em compósitos com fibras naturais e polipropileno reciclado foram processadas duas formulações na presença de 2% deste aditivo. Para efeitos comparativos, o polipropileno reciclado foi submetido às mesmas condições de processamento dos compósitos, também foram avaliadas as propriedades do compósito apenas com 10% de CaCO3.

Em uma das formulações utilizou-se o CMIX para avaliar o efeito combinado dos aditivos. Os compósitos avaliados foram chamados de: Formulação 1 (C1), Formulação 2 (C2) e assim sucessivamente conforme Tabela 1.

Tabela 1: Formulações com e sem a presença de compatibilizante e farinha de madeira.

Constituintes	C1%	C2%	C3%	C4%
PP rec	100	70	68	62
FF	-	20	20	20
PTK	-	-	2	2
CMIX	-	-	-	6
CACO3	-	10	10	10

2.2 Processamento

As formulações desenvolvidas foram processadas no SENAI CIMATEC no Laboratório de Transformação de Plásticos em uma extrusora dupla rosca modular corrotacional, fabricada pela Imacom, modelo DRC 30:40 IF com diâmetro de rosca de 30 mm e razão L/D = 40.

Em virtude das fibras naturais serem geralmente higroscópicas, a farinha de madeira foi seca a 100 ± 5ºC por um período de 8 horas em estufa. Após secagem da fibra, os materiais foram pesados e então foi realizada uma pré-mistura, em seguida as composições foram dosadas no ponto de alimentação

principal da extrusora (início da rosca), através de um dosador volumétrico da marca Brabender.

Após obtenção dos compósitos, estes foram secos a 60°C por um período de 4 horas e somente após a secagem os mesmos foram utilizados para a preparação dos corpos de prova.

A fibra verde apresenta grande quantidade de umidade e compostos voláteis, o que dificulta o processamento por extrusão devido a liberação de gases que podem ser incorporados ao compósito formando espaços vazios e prejudicando as características estruturais do material. (1)

Os corpos de prova foram preparados pelo processo de injeção, segundo as normas ISO 178 para ensaio de flexão, ISO 527 para tração e ISO 180 para impacto. Para esta etapa utilizou-se uma injetora com capacidade de 100 toneladas de força de fechamento, fabricada pela ROMI modelo Primax.

As condições de processamento e injeção foram mantidas para todas as formulações.

2.3 Caracterização dos compósitos

Foram determinadas propriedades mecânicas sob flexão, tração e resistência ao impacto em todas as formulações.

As propriedades mecânicas sob flexão e tração foram avaliadas em máquina universal de ensaios Emic Modelo DL 2000, aquisição e tratamento dos dados através de Software Tesc seguindo as normas ISO 178 e 527 respectivamente. O ensaio de impacto foi realizado seguindo a norma ISO 180, em uma máquina Instron, modelo CEAST 9050, com martelo de 2,7 J e configuração IZOD.

As micrografias foram obtidas através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em microscópio da marca Jeol brand, model JSM - 6510LV.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O polímero utilizado como matriz é uma resina reciclada. Sendo assim, foram avaliadas formulações com e sem o uso de compatibilizantes para observação da influência da farinha de madeira e dos compatibilizantes separadamente.

A inserção da farinha de madeira teve o comportamento esperado, como observado em trabalhos anteriores(1)(5)(6)(7): aumento da tensão máxima na flexão, e a redução da tensão máxima a tração e resistência ao impacto. O principal objetivo é

avaliar os efeitos dos compatibilizantes na resina reciclada. Estes efeitos podem ser vistos nas figuras seguintes.

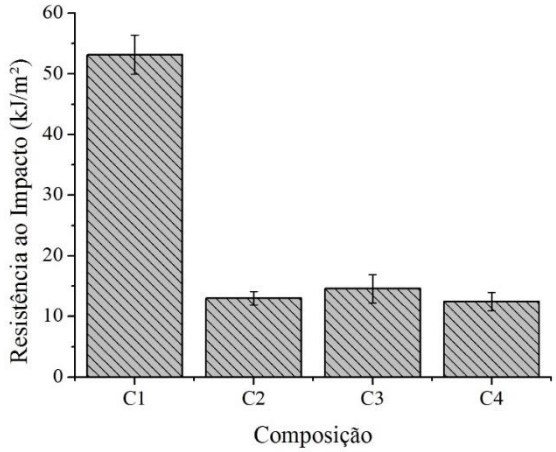

Figura 1: Resistência ao Impacto

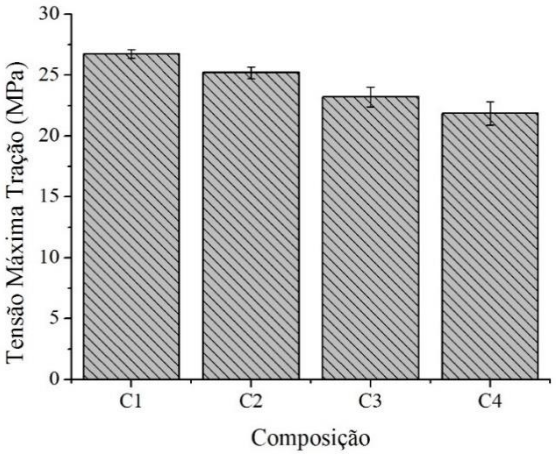

Figura 2: Trensão Máxima sob Tração

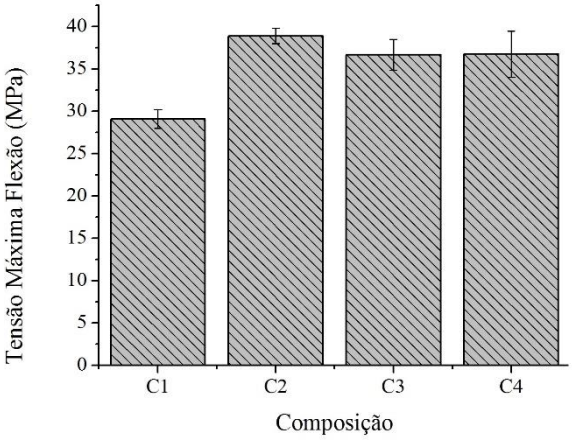

Figura 3: Tensão Máxima Sob Flexão

Avaliando a presença do Protack nas formulações (C3 e C4), verifica-se que houve variações significativas nas propriedades avaliadas. A resistência ao impacto teve incremento em comparação com o compósito sem o compatibilizante (C2). O mesmo comportamento não foi observado na formulação com a adição do CMIX (C4). Os melhores resultados de tração e flexão, em compósito, foram obtidos nas formulações sem os compatibilizantes (C2), o que dá indícios de que estes aditivos, Protack e CMIX, possam estar restringindo o ancoramento entre a matriz reciclada e as fibras, não apresentando compatibilidade com a resina reciclada, já que houve redução nas tensões máximas de flexão e tração. Pesquisas anteriores feitas com polímeros reciclados mostram que as fibras tornam o material mais resistente a flexão e esta melhora é atribuída a uma melhor distribuição das tensões[1][7]. Porém em relação a tração, o comportamento dos compósitos estudados neste trabalho foi semelhante ao encontrado por Lisperguer [7], havendo redução nesta propriedade com a adição de farinha de madeira.

A adição do compatibilizante Protack reduziu os resultados de tração e flexão, já Lisperguer [7] obteve melhora com o uso de outro compatibilizante, o Anidrido Maléico. A comparação confirma que o Protack pode estar restringindo o ancoramento entre as fases e não tem compatibilidade com a resina reciclada.

Para a resistência ao impacto deve-se considerar o mecanismo de fratura sofrido pelo material, esta propriedade é uma combinação entre resistência, rigidez e tenacidade. Em geral, sistemas mais tenazes são também mais resistentes ao impacto [6]. A tenacidade dos compósitos é conseguida, principalmente, pela energia absorvida na fratura da matriz polimérica, através de escoamento cisalhante entre partículas e a formação de bandas de múltiplas fissuras. Na verdade, as fissuras nucleiam-se em partículas descoladas, microvazios são criados e em seguida os ligamentos entre microvazios prolongam-se criando fibrilas finas e estáveis no polímero altamente orientado. O tênue incremento da resistência ao impacto encontrado através do uso de compatibilizante também foi observado[7] quando comparado com compósitos sem compatibilizante. Opostamente, ocorreu a redução da resistência ao impacto com a adição da farinha de madeira[5][7]. A adição do Protack na matriz polimérica pode ter proporcionado a interrupção de propagação das trincas que, durante o tensionamento do polímero, absorveu mais energia aumentando a resistência ao impacto do sistema.

A fim de avaliar as características morfológicas, os compósitos foram analisados através de MEV. Na figura 4 é possível perceber que não houve uma boa adesão da fibra ao polímero. Também pode ser observado, através das figuras 5 e 6, que o compósito C4 em relação ao C3 possui mais áreas passíveis de falha quando o material for submetido ao esforço mecânico, sendo um item que contribuiu para a redução mais acentuada nas propriedades mecânicas desta formulação. As áreas circuladas nas figuras 5 e 6 mostram áreas que não houve boa adesão interfacial, resultando em falhas que podem ser futuros pontos de fratura do compósito, tornando o material mais frágil.

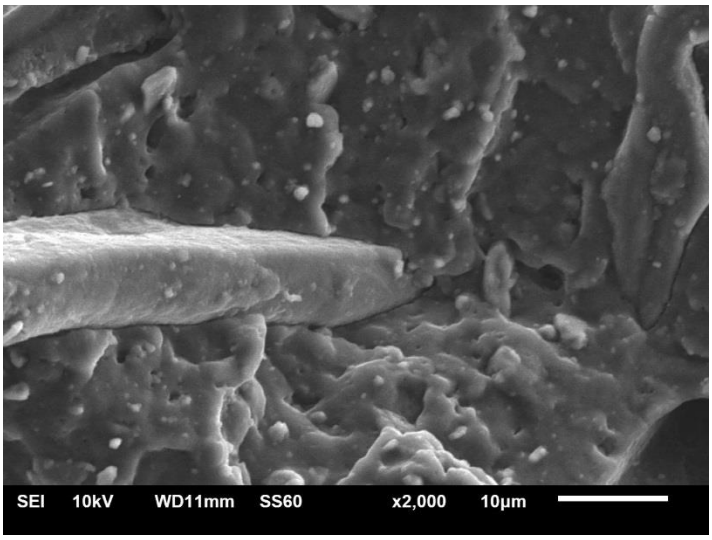

Figura 4: MEV do compósito C3 ampliado 2.000x

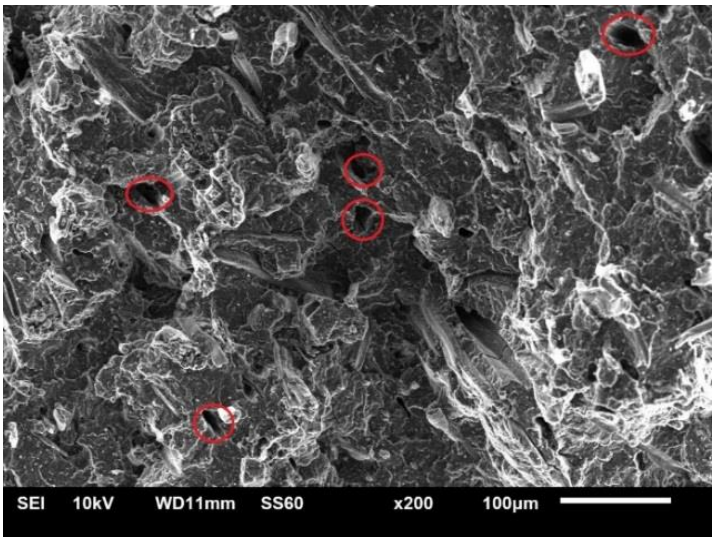

Figura 5: MEV do compósito C4 ampliado 200x

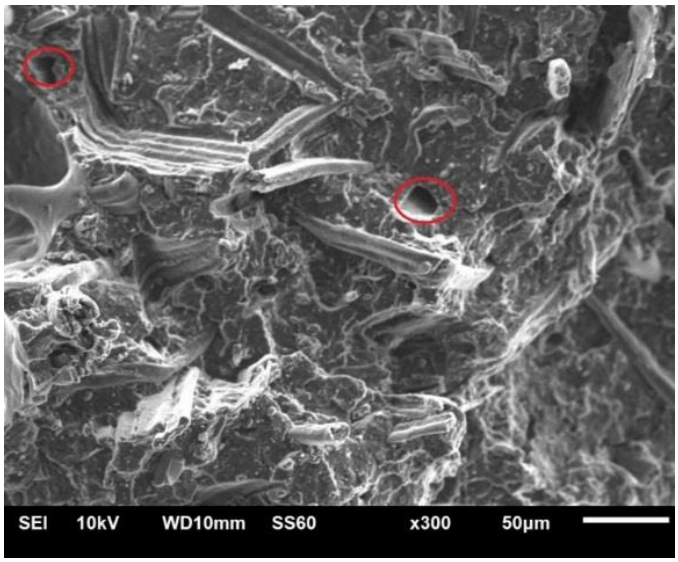

Figura 6: MEV do compósito C3 ampliado 300x

4 CONCLUSÕES

A presença de compatibilizantes em compósitos de resina reciclada proporcionou variações significativas. Em relação ao compósito sem compatibilizante, as formulações com o Protack e o CMIX apresentaram redução nas tensões máximas de flexão e tração, propriedades importantes para aplicações desses compósitos (WPC´s) em mesas, cadeiras, decks, caibros dentre outras.

Esta redução é atribuída ao fato de a matriz de polipropileno reciclado não apresentar afinidade com o poliéster glicol, composto base do Protack. Embora a resina usada na matriz polimérica do compósito seja o polipropileno, no reprocessamento do polipropileno podem ter sido usados aditivos auxiliares de processamento e outros termoplásticos que agem como impureza impossibilitando a efetiva interação entre a tripartite resina/compatibilizante /carga.

Nas imagens de MEV, observa-se que a adição do Protack proporcionou redução na adesão entre as fibras e o polipropileno reciclado. Esta redução foi acentuada após a adição do segundo compatibilizante, CMIX.

A melhoria na resistência ao impacto com a adição do Protack para compósitos que usem polipropileno reciclado foi pequena em relação a perda acentuada dessa propriedade com a inserção de carga.

5 REFERÊNCIAS

(1) LIGOWSKI, E; SANTOS, B.C.; FUJIWARA, E. Materiais compósitos a base de fibras da cana-de-açúcar e polímeros reciclados obtidos através da técnica de extrusão. Polímeros , 25(1), 70-75, 2015

(2) TE-HSIN YANG et al, Characterization of the property changes of extruded wood–plastic composites during year round subtropical weathering, Construction and Building Materials, 88, pp159-168, 2015.

(3) EMBRAPA. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco /arvore / CONT000fo7hz6ox02wyiv8065610d6ky3ary.html > Acessado em 26/03/2016.

(4) CONAB. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/ uploads/arquivos/ 12_10_29_11_45_ 31_sisal2012.pdf> Acessado 26/03/2016

(5) BATTISTELLE, R et al, Caracterização física e mecânica de um compósito de polipropileno reciclado e farinha de madeira sem aditivos, Matéria, 19, pp.7-15, 2014.

(6) AZEVEDO, J. B. Desenvolvimento e caracterização de compósitos PBAT-amido/casca de arroz. 2013.Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) -. Universidade Federal de Campina Grande, PB, Campina Grande .

(7) LISPERGUER, J, et al. Efecto de las caracteristicas de harina de madera en las propriedades físico-mecánicas y ´termicas de polipropileno reciclado. Maderas Ciencia y tecnologia, 15(3), pp 321-335, 2013

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF COMPATIBILIZER BASED ON POLIÉSTER GLYCOL IN MECHANICAL PROPERTIES OF RECYCLED POLYPROPYLENE / WOOD FLOUR COMPOSITE

ABSTRACT:

Compatibilizers are used in polymers based composites aiming a better interaction between the interface polymer matrix/fillers that can result in an efficient passive transfer of mechanical stresses to the discontinuous phase. In this work it was rated the effect in mechanical properties of compatibilizers based on polyester glycol in composites obtained from recycled polypropylene and wood flour. For production, it

was used a concentration of 20% (w/w) of wood flour with a granulometry of 207 µm , 10% (w/w) calcium carbonate and a concentration of compatibilizers up to 8% (w/w). The composites were processed in a twin screw extruder in the Polymers Lab of SENAI-CIMATEC. Results for the maximum bending strain, tensile strength and impact resistance were obtained. Images from a SEM equipment were used to evaluate the interface between the recycled polypropylene and the wood flour. It was noticed that the introduction of the compatibilizer proportioned a reduction of 12% in the maximum bending strain and 8% in the flexural strength.

Keywords: Composites, Recycler, polypropylene, compatibilizers, polyester glycol