



## PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DO COMPÓSITO DE POLIPROPILENO E CASCA DE EUCALIPTO

Maria Beatriz Sartor<sup>1</sup>, Helen de Matos Prosdocini<sup>2</sup>, Maurício de Oliveira Gondak<sup>3</sup>, Giovana Roberta Francisco Bronzato<sup>4</sup> & Alcides Lopes Leão<sup>5</sup>

**RESUMO:** Em decorrência de preocupações ambientais, o desenvolvimento de novas tecnologias e materiais de alto desempenho vem sendo direcionado para o campo da sustentabilidade, com a utilização de recursos naturais e renováveis. Fibras vegetais estão sendo cada vez mais utilizadas como reforço em termoplásticos em virtude de seu baixo custo, altas propriedades específicas e natureza renovável. A adição de fibras naturais aos compostos poliméricos pode causar alteração nas suas propriedades, características e comportamento mecânico, por isso a necessidade de estudos que tratem da produção e caracterização destes materiais. O polipropileno (PP) modificado com *anidrido maléico* (PP-MAH) é o compatibilizante mais comumente utilizado para auxiliar na melhora da aderência interfacial entre as fibras de madeira (hidrofílicas) e o polipropileno (hidrofóbico). Sendo assim e, devido a versatilidade e aplicabilidade industrial dos compostos plásticos reforçados com fibras naturais, o objetivo do presente trabalho foi a produção de um compósito polimérico constituído PP reforçado com casca de eucalipto para avaliação das propriedades mecânicas do material. Para tal, foram utilizadas três formulações para a produção do compósito: a primeira formulação foi composta por polipropileno com a adição de 20 % de casca de eucalipto, 5 % de látex e 2 % de *anidrido maléico*; a segunda foi composta por PP com 20% de casca de eucalipto, 2% de PP-MAH e 0 % de látex; a terceira formulação, composta por 100% de polipropileno. Os ensaios mecânicos realizados foram de resistência à tração, resistência à flexão e resistência ao impacto. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) e os dados foram submetidos a análise de variância; as médias foram comparadas pelo ensaio de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Sisvar. Os resultados mostraram uma diminuição das propriedades de resistência a flexão e a tração nos compósitos que contém casca de eucalipto e um aumento nas propriedades de impacto quando comparadas ao PP puro.

**PALAVRAS-CHAVE:** polímeros, resíduo florestal, agente compatibilizante.

## PRODUCTION AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF POLYPROPYLENE AND EUCALYPTUS BARK COMPOUND

**ABSTRACT:** In consequence of environmental concerns, the development of new technologies and high-performance materials has been directed towards to the field of sustainability, through the use of natural and renewable resources. Natural fibres are increasingly used as reinforcement in thermoplastics because of their low cost, high specific properties and renewable source. The addition of natural fibres to polymeric compounds can cause changes in their properties, characteristics and mechanical behavior, therefore the need for studies that deal with the production and characterization of these materials. Polypropylene (PP) modified with *maleic anhydride* (PP-MAH) is the compatibilizer most commonly used to improve interfacial adhesion between wood (hydrophilic) fibers and polypropylene (hydrophobic). Thus, and due to the versatility and industrial applicability of the plastic compounds reinforced with natural fibres, the objective of the present work was the production of a polymer matrix composed of eucalyptus bark and PP to evaluate the mechanical properties of the composite. Therefore, three formulations were used to produce the composite: the first formulation was composed of polypropylene with the addition of 20% eucalyptus bark, 5% of latex and 2% of PP-MAH; for the second composition, it was used polypropylene with 20% of eucalyptus bark, 2% of *maleic anhydride* and 0% of latex; the third formulation was composed of 100% polypropylene. The mechanical tests were of tensile and flexural strength and impact resistance. The experimental design was completely randomized and the data were submitted to analysis of variance; the means were compared by Tukey's test at 5% probability, using the Sisvar software. According to the results, there is a decrease in flexural and tensile strength properties in composites containing eucalyptus bark and an increase in impact properties when compared to pure PP.

**KEYWORDS:** polymers, forest residues, compatibilizing agent.

## 1 INTRODUÇÃO

O reforço de matrizes poliméricas com fibras sintéticas é amplamente conhecido e utilizado, resultando em materiais com excelente comportamento mecânico e térmico, porém as matrizes plásticas reforçadas com

<sup>1 2 3 4 5</sup> Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".  
FCA/UNESP. E-mails: [biasartor@hotmail.com](mailto:biasartor@hotmail.com) ;  
[helenmprosdocini@gmail.com](mailto:helenmprosdocini@gmail.com) ; [mgondak@gmail.com](mailto:mgondak@gmail.com) ;  
[giba\\_roberta@hotmail.com](mailto:giba_roberta@hotmail.com) ; [alcidlesleao@fca.unesp.br](mailto:alcidlesleao@fca.unesp.br)

fibras naturais representam, atualmente, uma indústria de rápido desenvolvimento e crescimento. Fibras naturais apresentam propriedades mecânicas competitivas - quando comparadas às fibras como de vidro, carbono e aramida - tais como rigidez, resistência ao impacto, flexibilidade, elasticidade. (GOULART et al., 2011).

A busca pelo desenvolvimento de produtos e materiais, visando minimizar os danos ambientais causados pelos setores industriais, tem levado à expansão de pesquisas que tratam da produção e caracterização de compósitos que se utilizam de fibras naturais como agente de reforço (WAMBUA et al., 2003). As fibras naturais, quando comparadas às fibras sintéticas, além de possuírem um custo econômico mais baixo, representam uma matéria prima proveniente de fontes renováveis, biodegradáveis, mais leves e menos abrasivas (POTHAN; THOMAS, 2003).

Entende-se por fibras naturais aquelas encontradas na natureza e utilizadas “*in natura*” ou após serem beneficiadas. Se dividem em fibras de origem animal, vegetal e mineral. As fibras naturais possuem particularidades mecânicas que podem aumentar as propriedades dos compósitos poliméricos nos quais se encontram empregadas (BALZER et al., 2007).

O uso de fibras de madeira como agente de reforço em termoplásticos é conhecido desde a década de 70 pela indústria automobilística, que utiliza compósitos de polipropileno com farinha de madeira - conhecidos como *woodstock* - extrusados e laminados em chapas para revestimento interno de portas e porta-malas. Na década de 90 um grande número de pesquisas relacionando o uso de resíduos de papel e madeira como agentes de reforço em termoplásticos para a indústria civil e automobilística surgiu nos Estados Unidos, comprovando a viabilidade técnica da produção de compósitos celulósicos termoplásticos (ECKERT, 2000).

Nas últimas décadas, estudos realizados nos Estados Unidos e na Europa sobre o uso de fibras vegetais como agente de reforço, demonstraram que a substituição da madeira convencional por compósitos é uma alternativa viável ao reaproveitamento de resíduos, com inúmeras vantagens como maior resistência à umidade e deterioração; resistência à pragas e insetos; melhor estabilidade dimensional; resistência ao empenamento e trincas; menor necessidade de manutenção, dispensando o uso de proteção superficial como tintas e vernizes (ECKERT, 2000).

A madeira é um composto natural à base de celulose utilizado há séculos com aplicações na engenharia civil, indústria moveleira e fabricação de papel - entre outras - que, recentemente, tem sido estudada e utilizada para o desenvolvimento de compósitos poliméricos de madeira, conhecidos como WPCs (*wood-polymer composites*) e compósitos de fibras naturais NFCs (*natural fibre composites*), com emprego, principalmente, na substituição de produtos de madeira natural - pisos, decks, esquadrias, vigas e pilares estruturais (KELLERSZTEIN; DOTAN, 2017).

As fibras utilizadas na produção de WPCs e NFCs normalmente são oriundas de resíduos da indústria agroflorestal e pesquisadores continuam a buscar inovações tecnológicas ambientalmente sustentáveis que possam auxiliar na diminuição dos impactos ambientais causados pela exploração da madeira natural e pela produção agrícola (KELLERSZTEIN; DOTAN, 2017).

A tabela 1 apresenta algumas vantagens e desvantagem do emprego de fibras naturais em compósitos poliméricos como alternativa ao uso de fibras sintéticas (PICKERING et al., 2016).

**Tabela 1 – WPCs e NFCs: vantagens e desvantagens.**

Vantagens	Desvantagens
Baixa densidade, alta força e rigidez	Menor durabilidade, degradação
Fibras provenientes de fontes renováveis	Alta absorção de umidade, inchaço
Menor custo de produção e processamento	Menos resistentes às forças de dureza
Processo de fabricação de baixo risco	Maior variabilidade de propriedades
Baixa emissão de gases tóxicos quando submetido ao calor e queima	Temperaturas de processamento devem ser mais baixas
Menos abrasivas	Limitada à escolha da matriz

No Brasil, diversos são os estudos que relacionam o aproveitamento de resíduos florestais na produção de compósitos poliméricos, visto que sua utilização gera vantagens quanto à diminuição da quantidade de resíduos sólidos gerados na fabricação de papel e celulose (FROLLINI et al., 2000). Além disso, o emprego de fibras vegetais como reforço em matrizes poliméricas termofixas e termoplásticas vem apresentando vantagens principalmente quanto às propriedades mecânicas de tração e peso específico do material (BALZER et al., 2007).

Em estudo sobre as propriedades mecânicas do composto de *poli-cloreto de vinila* (PVC) reforçado com fibras de bananeira nas proporções de 5, 10 e 20%, Balzer et al. (2007) observaram que a adição das fibras naturais é uma alternativa viável como reforço na produção de compósitos de PVC rígido, uma vez que houve aumento da resistência à tração com uma redução no alongamento da ruptura e aumento da resistência ao impacto.

Em seu trabalho sobre o comportamento mecânico de compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais, Milanese et al. (2011) ponderaram sobre o potencial da fibra de sisal utilizada em substituição à fibra de vidro como uma alternativa mais leve, mais barata e sustentável na fabricação de produtos. A matriz polimérica utilizada foi o poliuretano (PU), combinado em diferentes composições com a fibra de sisal. Os autores caracterizaram o compósito e analisaram suas propriedades mecânicas.

Goulart et al. (2011), em seu trabalho sobre a caracterização mecânica de um compósito de

polipropileno reforçado com fibras de palmeira na proporção de 5%, observaram que, com a adição de um agente de acoplamento, o compósito apresentou um aumento na resistência à flexão e tração quando em comparação ao polipropileno PP puro.

Em sua pesquisa sobre a influência da adição de diferentes concentrações (0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30%) de fibra de eucalipto nas propriedades físico-mecânicas de compósitos poliméricos, Pereira (2016) observou que, após tratamento térmico das fibras, houve diminuição da densidade e da absorção de água, bem como melhorias na propriedade de tração dos compósitos. Concluiu que 25% de fibra de eucalipto apresentou-se como o melhor teor de mistura para reforço de resinas poliésteres e 230°C a temperatura mais indicada para o tratamento das fibras, apesar da diminuição do módulo de elasticidade à flexão estática.

No presente trabalho, optou-se por utilizar a fibra proveniente da casca de eucalipto, que possui uma estrutura com polissacarídeos, cuja celulose da parede celular está associada à lignina (macromolécula tridimensional), o que confere rigidez às fibras (SILVA et al., 2013). Além disso, por se tratar de um resíduo da indústria de produção de papel e celulose<sup>3</sup> com características potenciais para ser utilizada como reforço em compósitos poliméricos, melhorando as propriedades mecânicas do material e, também, contribuindo para a redução da exploração de recursos naturais e de descarte de resíduos sólidos.

A matriz polimérica escolhida para ser utilizada foi o polipropileno. O PP foi polimerizado pela primeira vez em 1955, reconhecido como um bom material polimérico devido à sua versatilidade de aplicações a nível molecular (HAMADA et al., 2000). É um termoplástico originado pelo monômero nomeado *propileno* (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>) e polimerizado por um processo de reação de poli adição.

É uma poli olefina semicristalina cuja densidade é aproximadamente 0,90 g/cm<sup>3</sup> com temperatura de transição vítrea em torno de -18°C e temperatura de fusão de aproximadamente 165°C (CALLISTER, 2007). Seu emprego varia desde tubulações, tanques, peças decorativas, caixas para bebidas, embalagens diversas até brinquedos infantis (VELDE; KIEKENS, 2001).

Em um compósito plástico, a matriz polimérica é a encarregada pela distribuição da tensão imposta ao compósito e a sua escolha fica restrita, principalmente, à temperatura necessária ao processamento da mistura, visto que as fibras vegetais se degradam em temperaturas elevadas. Desta forma, é importante que a temperatura de processamento seja adequada à obtenção de misturas homogêneas sem que haja degradação da fibra, o que pode interferir nas propriedades mecânicas do compósito (ISHIZAKI et al., 2006).

O processamento dos polímeros com fibras naturais apresenta complexidade devido à natureza higroscópica e hidrofílica das fibras lignocelulósicas. As fibras lignocelulósicas possuem a característica de absorver a umidade, por isso devem passar por um processo adequado de secagem antes da produção do composto polimérico. Um dos fatores que pode interferir na qualidade do compósito é a incompatibilidade entre as fibras hidrofílicas e os polímeros hidrofóbicos, o que proporciona uma baixa adesão entre eles. Para tanto, têm sido utilizados agentes compatibilizantes para aumentar essa adesão interfacial melhorando as propriedades mecânicas do compósito (YAMAJI; BONDUELLE, 2004).

Entre os agentes compatibilizantes, o polipropileno modificado com *anidrido maléico grafitizado* (PP-g-MAH) é o que tem sido comumente utilizado pelos pesquisadores e foi o adotado pela presente pesquisa. Neste caso, ocorre a formação de ligações covalentes através de reações de esterificação e interações secundárias por ligações de hidrogênio entre o *anidrido maléico* e as hidroxilas da celulose (FROLLINI et al., 2000).

Outro desafio em se trabalhar com compósitos plásticos reforçados com fibras vegetais é a grande variação que o material sofre em suas propriedades e características. Seu comportamento mecânico é influenciado por uma série de variáveis como, por exemplo, o tamanho, a orientação e a dispersão das fibras; a porosidade e o método de processamento das mesmas; as condições ambientais do local de origem das fibras; entre outras (PICKERING et al., 2016).

Em estudos sobre o comportamento mecânico de compósitos poliméricos, os ensaios de tração e flexão são analisados conforme as normas ASTM D790 e ASTM 638, que determinam os métodos de teste padrão para análise das propriedades de plásticos reforçados e não reforçados (ASTM, 2014; 2017). O teste de impacto é realizado seguindo-se a norma ASTM D256, que diz respeito aos métodos de teste padrão para determinação da resistência ao impacto do pêndulo IZOD em plásticos (ASTM, 2010).

Sendo assim e, devido ao aumento de interesse por aplicações industriais de compostos poliméricos reforçados com fibras naturais, este trabalho teve como objetivo a produção e caracterização mecânica do compósito de polipropileno reforçado com fibra de casca de eucalipto.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LOCALIZAÇÃO

O experimento foi conduzido no Laboratório de Resíduos Sólidos e Compósitos (RESIDUALL) situado no Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia, da Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Campus de Botucatu.

<sup>3</sup> De acordo com o Relatório Anual da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2016), em 2016 o Brasil foi o segundo colocado em produção de celulose e o oitavo maior produtor de papel.

### 1.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Como matriz polimérica foi utilizado o polipropileno fornecido pela empresa BRASKEM S/A, com índice de fluidez (g/10min): 24 - ASTM D1238 (ASTM, 2013). O PP foi adotado devido às suas propriedades mecânicas, processabilidade, disponibilidade e custo, além da sua baixa densidade e alta rigidez que o fazem, especialmente quando reforçado, capaz de competir com outros plásticos em suas diversas aplicações.

A casca de eucalipto utilizada na produção do compósito analisado foi proveniente da espécie *Eucalyptus grandis*. Originária da Austrália, essa espécie é muito utilizada no Brasil pelas indústrias produtoras de papel e celulose. É uma árvore de grande porte cuja casca é classificada, pelo Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF, 2017), como “lisa de baixada” e tida como um resíduo florestal industrial. As cascas foram colhidas manualmente no campus da Faculdade de Ciências Agrônomicas UNESP/Botucatu, de árvores situadas ao redor do edifício do Laboratório RESIDUALL, trituradas e secas em estufa a 60°C.

O látex bicentrifugado pré-vulcanizado (DU LÁTEX) foi fornecido pelo Laboratório de Resíduos Sólidos da própria universidade onde o experimento foi realizado, assim como o polipropileno grafitizado com *anidrido maléico* (PP-g-MAH).

Os ensaios de comportamento mecânico foram realizados conforme normas da *American Society for Testing Materials* (ASTM), assim como a produção dos corpos de prova, que foram preparados utilizando-se moldagem por injeção, após extrusão dos materiais que compuseram as diferentes formulações analisadas. A caracterização do compósito foi efetuada através dos testes de resistência à tração, resistência à flexão e resistência ao impacto.

### 1.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos e seis repetições, totalizando 18 unidades experimentais. Os tratamentos avaliados foram: 80% de polipropileno + 20% de casca de eucalipto + 5 % de Látex + 2 % de PP-MAH; 80% de polipropileno + 20% de casca de eucalipto + 0% de Látex + 2% de PP-MAH; 100% polipropileno. Cada corpo de prova constituiu uma repetição.

### 1.3 EXTRUSÃO

As formulações foram preparadas utilizando-se uma extrusora com dupla rosca de cisalhamento médio, modelo Krupp Werner Pfleiderer, Ramsey, New Jersey. A temperatura utilizada foi de 160°C em todas as zonas do equipamento, visto que numa temperatura superior o material se carboniza.

O PP foi colocado na extrusora sob a forma de sólido seco e fundido por meio de uma combinação de transferência de calor através do cilindro de dissipação de energia de trabalho motor, adicionado *anidrido*

*maléico*, látex e casca de eucalipto triturada. Em seguida, aplicou-se uma pressão necessária para bombear o material fundido homogeneizado através de uma matriz de moldagem ligada ao fim da extrusora. Por fim, os compósitos foram triturados em moinho granulador para termoplásticos, do tipo SG 70.

### 1.4 INJEÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

As propriedades mecânicas foram avaliadas utilizando-se corpos de prova tipo M-I e barras para ensaio IZOD conforme determinam as normas da ASTM. Os corpos de prova foram moldados por injeção em uma injetora com força de fechamento de 30 toneladas, marca SANDRETO.

A temperatura utilizada foi de 160°C para o polipropileno puro e de 140°C para os compósitos. Primeiramente foi injetada a formulação de PP puro para determinação dos parâmetros básicos de processamento e, em seguida, foram injetadas as formulações preparadas para obtenção dos corpos de prova dos compósitos.

### 1.5 ENSAIO DE FLEXÃO E TRAÇÃO

Os ensaios foram realizados na Máquina Universal de Ensaio Servo – hidráulica, marca EMIC, modelo DL-10000 MF. No ensaio de flexão o corpo de prova foi posicionado na máquina e, por meio da força N aplicada, ocorreu a deformação do mesmo, ocasionando o cisalhamento.

No ensaio de tração o corpo de prova foi posicionado na máquina de ensaio que, por meio de uma força N, ocasionou sua ruptura. A Figura 1 e a Figura 2 mostram os corpos de prova em ensaio de flexão e tração.

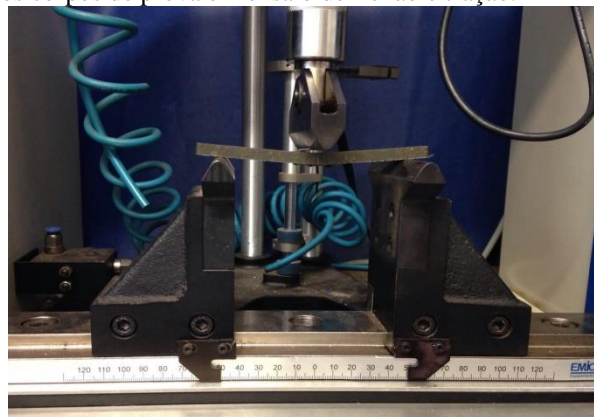
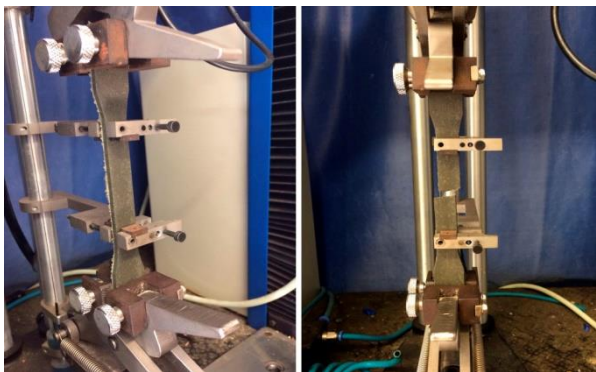


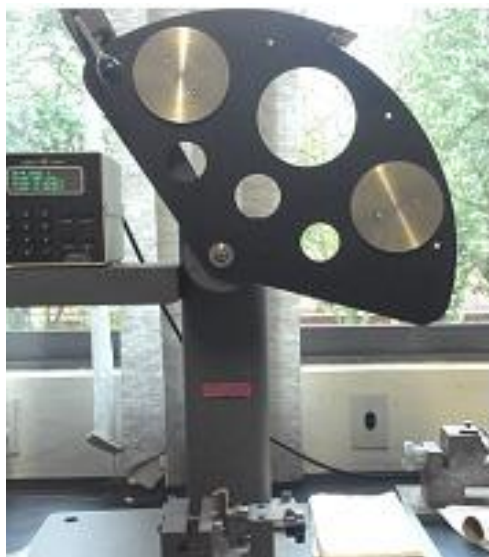
Figura 1 – Corpo de prova em ensaio de flexão.



**Figura 2** – Corpo de prova em ensaio de tração – antes e após ruptura.

### 1.6 ENSAIO DE IMPACTO

Para este ensaio utilizou-se a máquina Tinius Olsen modelo 892, a qual realiza ensaio de fratura a alta velocidade - com medição da energia necessária para romper a amostra - por meio de um pêndulo com um peso jogado contra a amostra. A energia necessária para romper a amostra é determinada através da perda de energia cinética do pêndulo. Os ensaios de impacto foram realizados à temperatura ambiente em corpos de prova tipo IZOD entalhados (Figura 3).



**Figura 3** – Corpo de prova em ensaio de resistência ao impacto.

### 1.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Inicialmente, todos os dados foram testados quanto à normalidade através do teste Shapiro-Wilk (RAZALI; WAH, 2011). Este foi o primeiro teste capaz de detectar saídas da normalidade, tornando-se o mais adotado entre os pesquisadores devido às suas propriedades de acerto (MENDES; PALA, 2003). Todos os dados foram distribuídos normalmente ( $W \geq 0,90$ ).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ensaio de F) e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software Sisvar 5.3 Build.

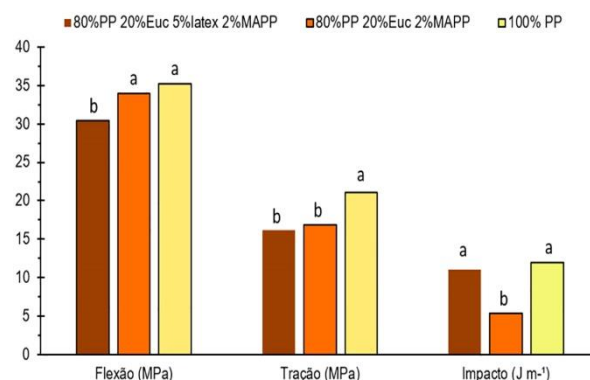
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 são apresentados os valores de P para as variáveis tração, flexão e impacto. Houve efeito significativo dos tratamentos avaliados para as variáveis.

**Tabela 2** - Valores de P e CV (%) do ensaio de F das variáveis flexão, tração e impacto.

	Flexão	Tração	Impacto
Trat.	<0,00001	<0,00001	<0,00001
C.V. (%)	2,88	3,63	14,73

A Figura 4 apresenta a média de energia absorvida nos corpos de prova. Observa-se a redução significativa nas propriedades de resistência ao impacto nos compósitos desenvolvidos, principalmente quando comparado com amostras as quais não utilizaram-se látex na composição.



**Figura 4** – Valores médios de tensão na força máxima para as variáveis tração e flexão (MPa) e de impacto ( $Jm^{-1}$ ) dos tratamentos. Barras seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A incorporação de fibra de casca de eucalipto promoveu o desenvolvimento de regiões de fraca interação matriz/reforço nos compósitos produzidos, inclusive com a adição do agente de acoplamento. Além disso, as extremidades das fibras atuaram como concentradores de tensões, ou seja, pontos de início de propagação de trincas, de forma a promover o incremento da probabilidade de fratura e descolamento do material (NYGARD et al., 2008).

A adição das fibras vegetais reduziu a capacidade de absorção de energia ao impacto pela redução da mobilidade da matriz polimérica. Esta compensação foi promovida adicionando-se látex, para conferir maior tenacidade no desempenho desta propriedade.

Em ambas as composições, os resultados do ensaio de tração de carga máxima suportada pelos compósitos desenvolvidos, foram reduzidos em aproximadamente 30% quando comparados com a matriz de polipropileno puro. O tratamento superficial com *anidrido maléico* não foi eficiente, o que possivelmente fez com que a fibra sem acoplamento atuasse como defeito na forma de

vazios na estrutura, podendo atuar como concentradores de tensão, resultando no baixo desempenho desta propriedade.

Outro ponto observado no processamento, que pode ter contribuído para este resultado, refere-se à secagem da mistura, que pode não ter sido realizada de forma eficiente o que, conforme Karmaker (1997), demonstra que o efeito da absorção de umidade leva à fragilização dos compósitos.

Os ensaios de resistência à flexão mostraram-se satisfatórios na composição utilizando-se apenas *anidrido maléico* e fibra, apresentando valor muito próximo quando comparado com a matriz pura. Já a composição com látex incorporado, teve uma redução de aproximadamente 13% na eficiência do resultado, o que pode sugerir a baixa dispersão da fibra pela presença do látex na matriz polimérica para esta formulação.

#### 4 CONCLUSÃO

Foi concluído que o tratamento proposto para o resíduo de eucalipto, utilizando-se polipropileno modificado com *anidrido maléico*, não promoveu um efeito significativo de reforço nos percentuais adotados para os compósitos, inclusive com a adição de látex. Observou-se que parâmetros do processo de preparo das fibras e da mistura dos materiais, tais como tempo e temperatura de secagem da casca de eucalipto, deverão ser aperfeiçoados futuramente.

O próximo passo nesta linha de pesquisa será a produção e avaliação de novas formulações de compósito de PP, alterando-se os níveis percentuais de casca de eucalipto e látex para novas análises de comportamento mecânico e, também, de resistência dos compósitos ao intemperismo, com acompanhamento da variação das propriedades em função da dosagem de irradiação ultravioleta e demais agentes de degradação.

Além disso, deverá ser realizada análise dos efeitos do tratamento superficial da fibra com o agente de acoplamento PP-MAH, como forma de melhoria da transferência de tensões entre a matriz polimérica e as partículas de madeira e, conseqüentemente, das propriedades mecânicas do compósito.

#### 5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D256:** Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics. West Conshohocken, PA, 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D1238:** Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer. West Conshohocken, PA, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D638:** Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. West Conshohocken, PA, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D790:** Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. West Conshohocken, PA, 2017.

BALZER, P. S.; VICENTE, L. L.; BRIESEMEISTER, R.; BECKER, D.; SOLDI, V.; RODOLFO, A.; FELTRAN, M. B. Estudo das propriedades mecânicas de um composto de PVC modificado com fibras de bananeira. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 17, n. 1, p. 1-4, 2007.

CALLISTER, W. D. **Materials Science and Engineering:** an introduction. New York: John Wiley & Sons, 2007.

ECKERT, C. H. Opportunities for natural fibers in plastic composites. **Proceedings of the Conference on Progress in Woodfibre-plastic Composites**, University of Toronto, Canada, p. 87-106, 2000.

FROLLINI, E.; LEÃO, A. L.; MATTOSO, L. H. C. **Natural Polymers and Agrofibers Composites.** Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP, 2000.

GOULART, S. A. S.; OLIVIERA, T. A. A.; TEIXEIRA, A. A.; MILÉO, P. C. B.; MULINARI, D. R. A. Mechanical Behavior of Polypropylene Reinforced Palm Fibers Composites. **Procedia Engineering**, Elsevier, v. 10, p. 2034-2039, 2011.

HAMADA, H.; FUJIHARA, K.; HARADA, A. The influence of sizing conditions on bending properties of continuous glass fiber reinforced polypropylene composites. **Composites: Part A**, Elsevier, v. 31, p. 979-990, 2000.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual da Indústria Brasileira de Árvores 2016.** Brasília: IBÁ, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Chave de Identificação de Espécies Florestais.** Piracicaba: IPEF, 2017. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/grandis.a.sp>>. Acesso em 06 dez. 2017.

ISHIZAKI, M. H.; VISCONTE, L. L. Y.; FURTADO, C. R. G.; LEITE, M. C. A. M.; LEBLANC, J. L. Caracterização mecânica e morfológica de compósitos de polipropileno e fibras de coco verde: influência do teor de fibra e das condições de mistura. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 16, n. 3, p. 182-186, 2006.

KARMAKER, A. C. Effect of water absorption stability and impact energy of jute fiber reinforced polypropylene. **Journal of Materials Science Letters**, Springer, v. 16, n. 6, p. 462-464, 1997.

KELLERSZTEIN, I.; DOTAN, A. Agricultural waste can replace wood in plastic composites. **Plastics Research Online**, Bethel, p. 1-3, 2017.

MILANESE, A. C.; CIOFFI, M. O. H.; VOORWALD, H. J. C. Mechanical behavior of natural fiber composites. **Procedia Engineering**, Elsevier, v. 10, p. 2022-2027, 2011.

NYGARD, P.; TANEM, B. S.; KARLSEN, T.; BRACHET, P.; LEINSVANG, B. Extrusion-based wood fibre-PP composites: wood powder and pelletized wood fibres – a comparative study. **Composites Science and Technology**, Elsevier, v. 68, n. 15, p. 3418-3424, 2008.

PEREIRA, T. G. T. **Compósitos produzidos com resina poliéster e fibras de eucalipto tratadas termicamente**. 2016. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biomateriais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PICKERING, K. L.; EFENDY, M. G.; LE, T. M. A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. **Composites: Part A**, Elsevier, v. 83, p. 98-112, 2016.

POTHAN, L. A.; THOMAS, S. Polarity parameters and dynamic mechanical behavior of chemically modified banana fiber reinforced polyester composites. **Composites Science and Technology**, Elsevier, v. 63, p.1231-1240, 2003.

RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics**, Malaysia, v. 2, n. 1, p. 21-33, 2011.

SILVA, S. M.; RAMBALDUCCI, R. G.; GOMES, G. T.; HALASZ, M. R. T. Aproveitamento de cascas de eucalipto para confecção de placas de isolamento termoacústico. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2835, 2013.

VELDE, K. V.; KIEKENS, P. Thermoplastic pultrusion of natural fibre reinforced composites. **Composite Structures**, Elsevier, v. 54, p. 355-360, 2001.

WAMBUA, P.; IVENS, J.; VERPOEST, I. Natural fibers: can they replace glass in fiber-reinforced plastics? **Composites Science and Technology**, Elsevier, v. 63, p. 1259-1264, 2003.

YAMAJI, F.M.; BONDUELLE, A. Utilização da serragem na produção de compósitos plástico-madeira. **Revista Floresta**, Curitiba, n. 34, p.59, jan./abr. 2004.