

Avaliação do envelhecimento ambiental e das propriedades mecânicas dos compósitos de polipropileno/bagaço de cana-de-açúcar

Evaluation of the environmental aging and mechanical properties of the polypropylene/sugarcane bagasse composites

Rayane Lima de Moura Paiva¹
Daniella Regina Mulinari^{1,2}

Palavra-chave:

Polipropileno

Fibras Naturais

Propriedades
Mecânicas

Envelhecimento
Ambiental

Resumo:

Compósitos de polipropileno (PP) reforçados com fibras proveniente do bagaço de cana-de-açúcar modificadas, em diferentes proporções foram preparados. Também foi realizado envelhecimento ambiental nos compósitos e determinado suas propriedades mecânicas. Os resultados obtidos revelaram que o tratamento químico provocou alteração na coloração e na composição química das fibras, removendo impurezas e constituintes amorfos como lignina e hemicelulose, as técnicas de FTIR, difratometria de Raios X e microscopia eletrônica de varredura confirmaram esses dados. Além disso, observou-se a adição de fibras naturais na matriz PP proporcionou uma melhora nas propriedades mecânicas dos materiais. O teste do intemperismo revelou um leve ganho de massa após 75 dias, mas ficou claro que a inserção de fibras apresenta maior ganho de massa quando comparado ao PP puro.

Abstract:

Polypropylene (PP) reinforced with fibers from sugarcane bagasse composites in different proportions were prepared. Also environmental aging was conducted for the composites and their mechanical properties determined. The results showed that chemical treatment caused changes in color and chemical composition of the fibers, removing impurities and amorphous constituents such as lignin and hemicellulose, techniques of FTIR, X-ray diffraction and scanning electron microscopy confirmed these data. Also, it was observed that addition of natural fiber in PP matrix provided an improvement in the mechanical properties materials. The weathering test revealed a slight mass gain after 75 days, but it was clear that the inclusion of fibers has a higher mass gain compared to pure PP.

Keywords:

Polypropylene

Natural Fibers

Mechanical Properties

Environmental Aging

1. Introdução

Atualmente, a necessidade de desenvolver e comercializar materiais compósitos reforçados com fibras vegetais tem crescido, devido a questões relacionadas ao impacto ambiental e ao desenvolvimento sustentável. Desse modo, as empresas passaram a investir na busca de novas tecnologias para o uso desses materiais e a considerar também a variável ambiental em suas estratégias de produção (ALVES et al., 2010; MULINARI et al., 2010).

No Brasil, mesmo com a grande disponibilidade de fibras e de resíduos agroindustriais ainda não se tem ampla utilização ou aplicação destes. Apesar do interesse nesta área ter aumentado, por enquanto, predominam as fibras de vidro e as fibras sintéticas, principalmente, as derivadas de petróleo (BENINI, 2011).

E um fator importante que favorece o emprego de fibras vegetais como insumo renovável é a crescente perspectiva de economia de energia por meio da redução de peso dos componentes, bem como os aspectos ligados à recuperação das matérias-primas e reaproveitamento dos materiais no final do ciclo de vida do (IBRAHIM et al., 2010; MIGNEAULT et al., 2009; XU et al., 2008).

No entanto, estes materiais podem sofrer degradação com o tempo e apresentar algumas características indesejáveis. A principal limitação para aplicação dos materiais poliméricos em muitas situações é decorrente da baixa sensibilidade dos polímeros orgânicos à alta temperatura. Acima da temperatura de transição vítrea, o polímero começa a apresentar variações dimensionais e se exposto por longos períodos ao calor desencadeia-se lentamente o processo termooxidativo com alterações de cor, perda de massa, despolimerização e conseqüente redução de propriedades físicas do material. A sensibilidade dos polímeros à temperatura depende da estrutura e tipo de ligação química presentes na cadeia polimérica (CANEVAROLLO, 2002; JIANG et al., 2012).

O controle da degradação térmica é de fundamental importância durante o processamento do polímero, embora possa acontecer em outras fases do ciclo de vida do material, desde a sua síntese até o seu uso final. Durante o processamento de polímeros com baixa estabilidade térmica, a ação do calor e do cisalha-

mento intenso torna obrigatório o uso de estabilizantes térmicos específicos, compatíveis com o mecanismo de degradação térmica do polímero a ser protegido. De maneira geral os principais tipos de degradação de polímeros estão relacionados à degradação térmica ou exposição do polímero ao intemperismo (ação combinada luz UV, calor e umidade).

Além disso, as fibras vegetais também podem sofrer degradação devido a agentes biológicos, meios ácidos e alcalinos, absorção de umidade, radiação ultravioleta e temperatura. Os componentes lignocelulósicos das fibras vegetais respondem de diferentes formas aos meios citados. O processo de degradação fotoquímica por luz ultravioleta (UV), por exemplo ocorre quando as fibras são expostas a ambientes externos. A degradação ocorre inicialmente na lignina, que é responsável pela mudança de cor da fibra. Em comparação a lignina, a celulose é muito menos suscetível a degradação UV, em contrapartida a hemicelulose e a celulose são mais suscetíveis a altas temperaturas (RODRIGUES, 2007).

Desta forma, é importante avaliar a estabilidade desses materiais, ou mesmo avaliar a eficiência de determinados componentes de uma formulação. Esta avaliação pode ser realizada por meio de ensaios que simulem as condições de uso as quais ele estaria exposto durante a sua vida útil. Esses ensaios podem ser feitos em estações de exposição ambiental (envelhecimento ambiental) ou em laboratório (envelhecimento acelerado) (DEL CARPIO, 2009).

Nos ensaios de envelhecimento ambiental (natural) o compósito é exposto às condições ambientais próximas da real condição de uso do material (RODRIGUES, 2007), portanto é importante conhecer detalhadamente as condições geográficas e climáticas do local, pois a luz solar sofre influência devido à época do ano, latitude, altitude, hora do dia, ângulo de exposição, composição da atmosfera sofre influência dos poluentes, umidade e frequência da chuva e sua intensidade. A grande vantagem deste ensaio é justamente a proximidade com a real condição de uso do material. Por outro lado, o ensaio é lento e exige longo tempo de exposição para que os fatores de degradação possam agir no material (RODRIGUES, 2007). As amostras podem se preparadas como filmes, corpos de prova para

ensaios mecânicos e peças no formato final de uso. A análise de sua degradação pode ser feita através da avaliação visual, medição de cor de superfície, avaliação das propriedades mecânicas e avaliação de alterações estruturais por métodos espectrométricos.

Os ensaios de envelhecimento acelerado possuem a vantagem da rapidez, fornecendo dados sobre o provável desempenho do material ao longo da sua vida útil. Nestes ensaios, são simuladas as condições de exposição do material, porém com intensidades elevadas, de modo a acelerar o processo de degradação. Apesar da vantagem da rapidez, pode fornecer resultados imprecisos, em função de mecanismos paralelos ocorridos nas amostras (RODRIGUES, 2007).

Nesse trabalho foi realizada a avaliação de compósitos poliméricos de polipropileno reforçados com fibras de bagaço de cana por envelhecimento acelerado, bem como a avaliação das propriedades mecânicas.

2. Experimental

Para a confecção do compósito foram utilizadas fibras provenientes do bagaço de cana-de-açúcar e polipropileno. A fibra do bagaço de cana-de-açúcar utilizada nesse trabalho foi fornecida pela Edras Ecosystemas, localizada em Cosmópolis – SP. O procedimento realizado para o tratamento da fibra foi a imersão das fibras de bagaço de cana-de-açúcar em uma solução de NaOH à 10% m/v durante 1 hora e em temperatura ambiente, após esse tempo, as fibras foram lavadas exaustivamente com água destilada até atingir o pH da água destilada e secas em estufa a 80 °C (Figura 1).



(a)



(b)

Figura 1. Imersão das fibras em solução de NaOH (a) e Lavagem com água destilada (b).

O polipropileno (PP) utilizado neste trabalho foi fornecido pela BRASKEN. O PP utilizado é indicado para peças injetadas que possui excelente resistência mecânica e ao calor e alta resistência ao impacto.

Para avaliar o efeito da modificação nas fibras foram realizadas análises por meio das técnicas de Difratomia de Raios X (DRX), Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e Espectroscopia de infravermelho (FTIR).

Os difratogramas de Raios X das fibras do bagaço in natura e modificadas foram obtidos para determinar o tipo de estrutura física, ou seja, os parâmetros de redes e os espaçamentos interplanares da rede cristalina do material, permitindo identificá-lo mediante comparação com estruturas cristalinas já conhecidas, determinando se o material é amorfo ou cristalino. Para obter os difratogramas, foi utilizado um difratômetro de Raios X da Shimadzu XDR-6000, disponível no Departamento de Engenharia de Materiais da EEL/USP, com fonte de radiação $\text{CuK}\alpha$, voltagem de 40 kV, corrente de 40 mA, varredura 0,05 (2 θ / 5s) para valores de 2 θ entre 10 e 70°.

As micrografias foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM5310, disponível no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE em São José dos Campos, operando de 15 a 20 kV, usando elétrons secundários, com o intuito de obter informações quanto à morfologia e composição das fibras. As amostras foram fixadas em um suporte com auxílio de uma fita de carbono dupla face e submetidas ao recobrimento metálico com ouro.

Com o propósito de avaliar a modificação realizada nas fibras após o tratamento alcalino e identificar as vibrações e estiramentos das ligações efetivas dos materiais foi feita uma análise de espectroscopia de infravermelho. Uma mistura de KBr (300 mg) e cerca de 1,5 mg de amostra foi macerada em gral e pistilo de ágata. As pastilhas foram obtidas no pastilhador utilizando uma pressão de 10 kgf.cm^{-2} sob vácuo durante 5 min, em seguida foi efetuada a varredura numa faixa espectral de 4000 a 400 cm^{-1} com 64 scans. As análises foram realizadas um espectrofotômetro Spectrun GX Perkin Elmer, disponível no Departamento de Bioquímica da Escola de Engenharia de Lorena/USP.

Os compósitos (5-30% em massa de reforço) foram obtidos em um homogeneizador para plásticos. Inicialmente o reforço e a matriz foram secos em estufas a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ por cerca de 2 h. Após mistura entre reforço e matriz no homogeneizador “Dryser”, o material foi moído em moinho granulador e novamente seco em estufa a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 h, injetado para obtenção dos corpos de prova flexão. Os corpos de prova foram obtidos utilizando o mesmo procedimento, para efeito de comparação com diferentes proporções de fibras como relacionados na Tabela 1.

Amostra	Tipo de fibra reforçada	Quantidade de PP (% m/m)	Quantidade de reforço (% m/m)
CB5%	Fibra modificada	95	5
CB10%	Fibra modificada	90	10
CB20%	Fibra modificada	80	20
CB30%	Fibra modificada	70	30

Tabela 1. Descrição dos compósitos de PP reforçados com diferentes proporções de fibras

Os ensaios de flexão foram realizados em um equipamento da marca EMIC. Foram analisados cinco corpos de prova, com dimensões de acordo com a norma ASTM D 790 – 03 com 13 mm de largura, 130 mm de comprimento e 6 mm de espessura. As propriedades mecânicas de resistência à flexão e módulo de elasticidade em flexão foram avaliadas.

No teste de intemperismo ambiental foi observada a biodegradação do compósito, a partir da análise do percentual de perda de massa e da mudança na coloração das amostras. As amostras foram pesadas semanalmente e submetidas à exposição aos fenômenos ambientais durante 75 dias na cidade de Volta Redonda no Bairro Santa Cruz, no final deste ciclo estas foram pesadas novamente, o que possibilitou a avaliação do percentual de perda de massa das mesmas. A Figura 2 evidencia como os corpos de provas foram estudados.

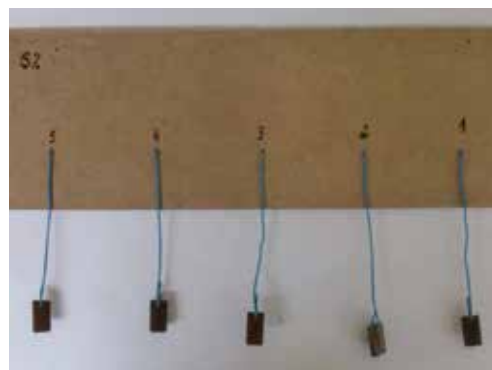


Figura 2. Suporte para exposição dos corpos de prova.

3. Resultados

A modificação química das fibras provenientes do bagaço de cana de açúcar foi realizada a fim de melhorar a adesão entre as fibras e matriz e, conseqüentemente, melhorar as propriedades mecânicas dos compósitos. As micrografias

obtidas por MEV permitiram avaliar os aspectos morfológicos das fibras. As superfícies das fibras de bagaço de cana in natura e modificadas apre-

sentaram características diferentes. A Figura 3 mostra as micrografias das fibras de bagaço de cana in natura obtidas em diferentes ampliações.

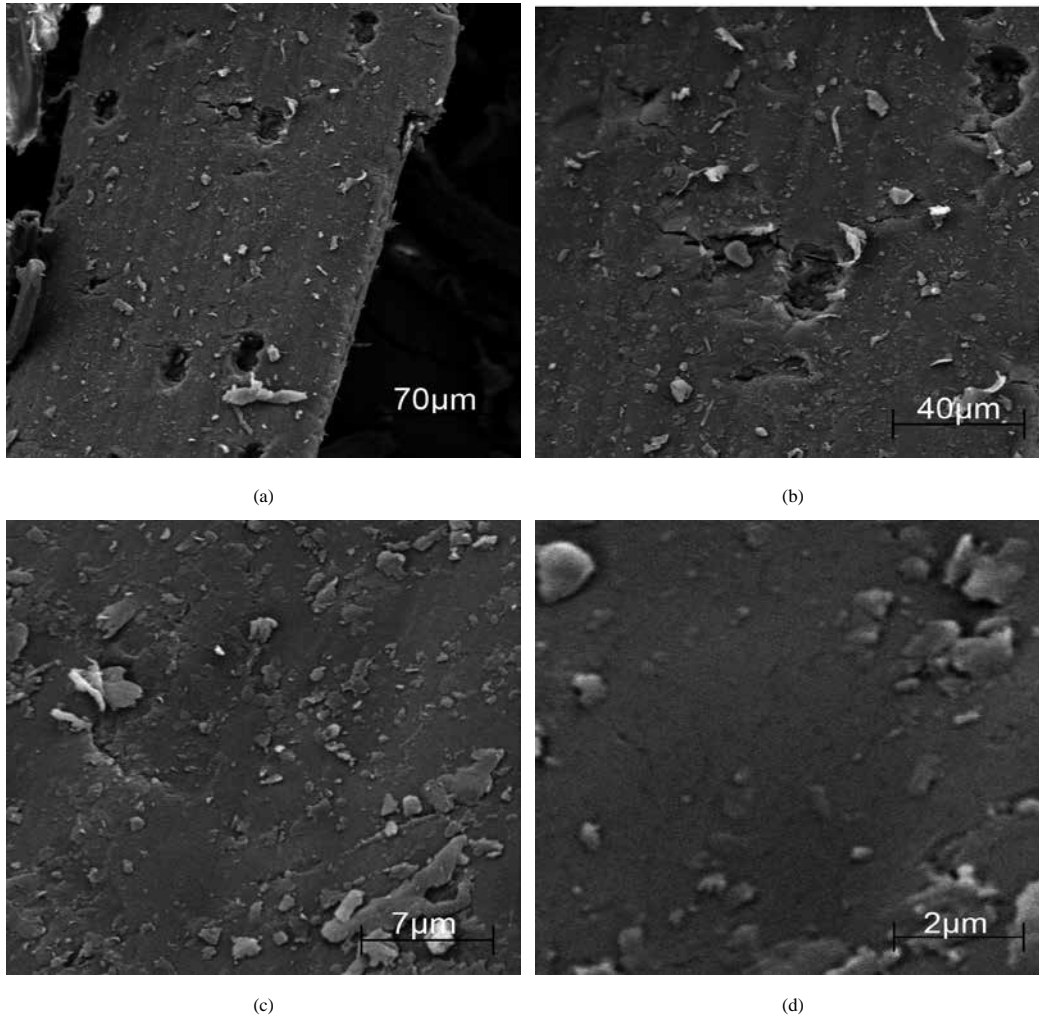


Figura 3. MEV das fibras de bagaço de cana in natura: (a) 500X; (b) 1000X; (c) 5000X; (d) 20000X.

As micrografias das fibras de bagaço de cana in natura apresentaram uma superfície lisa, com uma camada de cera e homogênea quando comparada às fibras modificadas (Figura 4). As micrografias das fibras de bagaço de cana modificadas apresentaram-se agrupadas em pac-

otes com vários feixes de fibras. Além disso, foi possível observar a presença de “pits” dispostos ao longo de toda a parede celular. Os “pits” servem para o crescimento e manutenção da planta que é transportar água e nutrientes ao longo das várias células até as raízes e folhas.

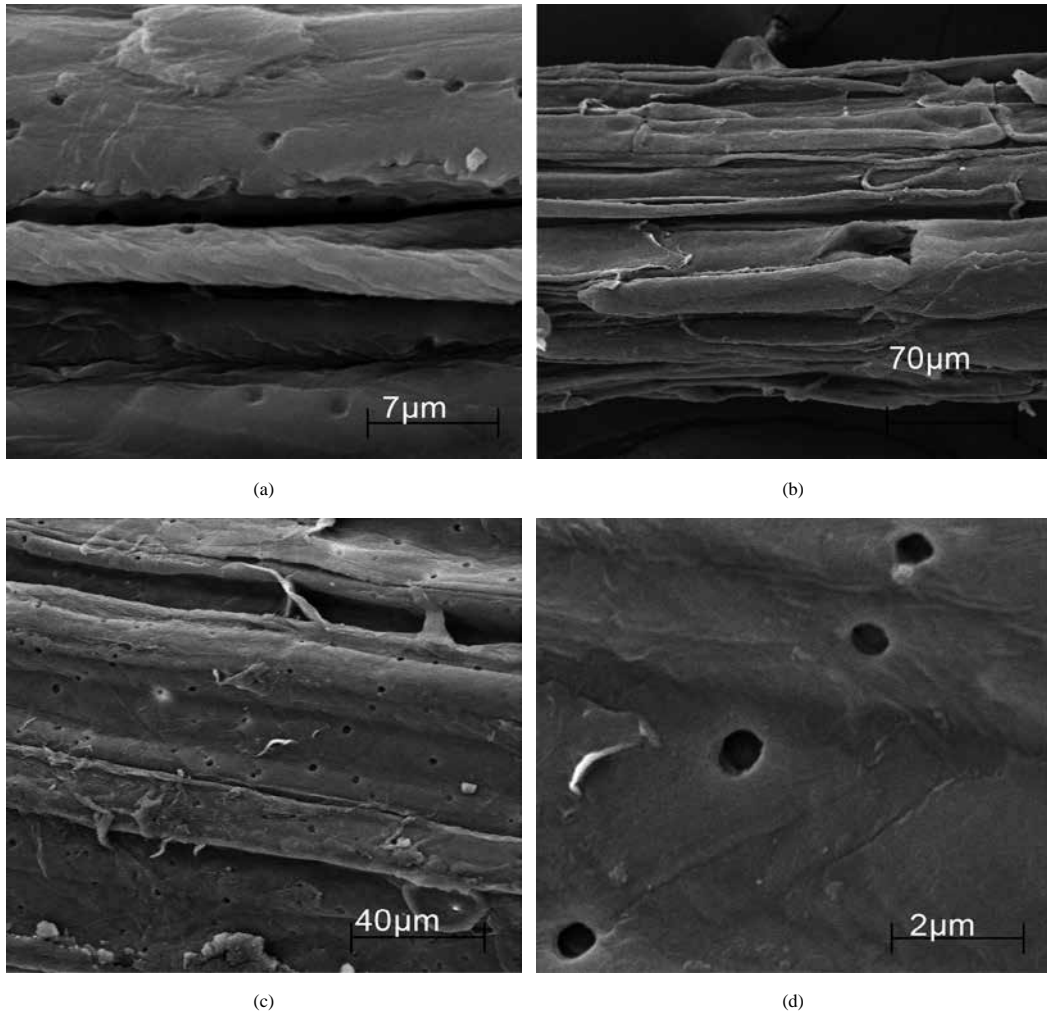


Figura 4 MEV das fibras de bagaço de cana modificadas: (a) 500X; (b) 1000X; (c) 5000X; (d) 20000X.

A modificação realizada nas fibras causou a remoção de extrativos e da camada cerosa, promovendo uma maior rugosidade à superfície das fibras. As ceras e graxas que envolvem as fibras diminuem a adesão entre a matriz e o reforço, por isso sua remoção é de fundamental importância para o aumento das propriedades mecânicas dos compósitos. Um maior aumento das fibras permitiu observar uma maior rugosidade após a modificação da fibra, devido à solubilização de compostos em meio alcalino, aumentando a área de superfície efetiva para contato com a matriz polimérica.

Os difratogramas de Raios X das fibras apresentaram um comportamento semelhante e mostraram características de materiais semi-cristalinos, com picos intensos (Figura 5).

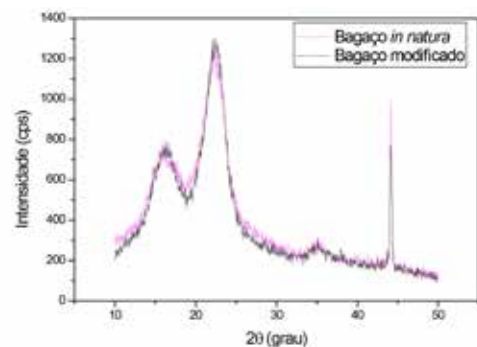


Figura 5. Difratogramas de Raios X das fibras de bagaço de cana

Esses picos foram bem definidos, em média, 16° e $22,3^\circ$, os quais correspondem aos planos cristalográficos (101) e (002). Analisando os difratogramas separadamente, observa-se, para a fibra in natura picos de di-

fração 2θ em 15,9° e 22,2° e para as fibras modificadas, picos de difração em 16,3° e 22,4°, ou seja, praticamente os mesmos picos para ambos os difratogramas.

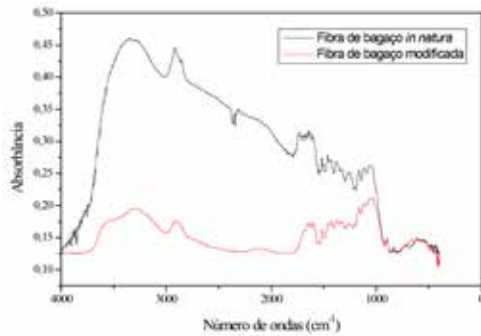


Figura 6. Espectros na região do infravermelho (400 – 4000 cm⁻¹) das fibras de bagaço

Os espectros obtidos na região do infravermelho das fibras de bagaço de cana (Figura 6) possibilitaram observar a modificação química da superfície das fibras quando comparadas às fibras in natura.

A análise comparativa dos espectros de FTIR das fibras mostra características relevantes, quanto à modificação, tais como: diminuição das absorções na região de 3300 cm⁻¹, referente ao estiramento da hidroxila (O-H) e na região de 2885 cm⁻¹, referente ao estiramento simétrico da ligação C-H presente em polissacarídeos; e diminuição da absorção na região de 1732 cm⁻¹, referente ao estiramento da ligação C=O presentes em xilanas.

Desta forma, fica evidente a modificação realizada nas fibras influenciará nas propriedades mecânicas.

O estudo da resistência à flexão dos compósitos foi importante, pois permitiu avaliar o comportamento do material de resistir à força de dobramento aplicada perpendicularmente ao seu eixo longitudinal. A força de tensão induzida pela carga de flexão é uma combinação de forças de compressão e tensão. As propriedades de flexão dos compósitos foram influenciadas pela quantidade de reforço inserida na matriz. A Tabela 2 apresenta os valores do limite de resistência à flexão dos compósitos.

Tabela 2. Valores do limite de resistência à flexão

Amostras	Propriedades	
	Resistência à Flexão (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
PP	50,9 ± 0,4	1069 ± 35,0
CB5%	60,6 ± 1,1	1480,0 ± 71,6
CB10%	57,1 ± 1,5	1532,0 ± 85,1
CB20%	55,4 ± 2,5	1703,0 ± 158,3
CB30%	53,7 ± 5,1	1821,0 ± 299,7

Analisando-se as propriedades mecânicas em flexão do PP puro foi observado valor inferior quando comparado aos compósitos. Ao se inserir fibras na matriz houve um aumento na resistência e no módulo, atingindo até 70% de aumento (CB30%) quando comparado ao PP puro.

A inserção de fibras na matriz mostrou que os compósitos ficaram mais rígidos, deixando evidente que o tratamento realizado nas fibras influenciou nas propriedades mecânicas. A Figura 7 evidencia a rigidez em função dos materiais.

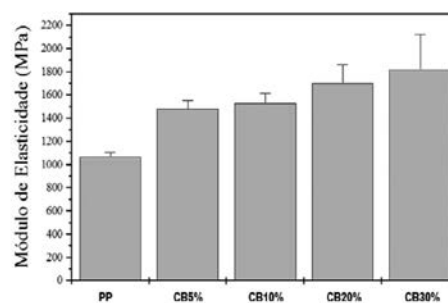


Figura 7. Módulo de elasticidade em flexão dos materiais.

Dessa forma, foi observado que o tratamento dado às fibras foi adequado e causou uma melhora nas propriedades mecânicas.

Os dados da Tabela 3 evidenciam os testes de intemperismo realizado no polímero PP.

Tabela 3. Resultados obtidos do teste de intemperismo do PP puro.

PP	Corpo de prova 1	Corpo de prova 2	Corpo de prova 3
12/12/2012	0,388 g	0,391 g	0,361 g
19/12/2012	0,389 g	0,392 g	0,361 g
26/12/2012	0,391g	0,393g	0,362g
03/01/2013	0,3908g	0,3934g	0,3622g
09/01/2013	0,3906g	0,3935g	0,3623g
16/01/2013	0,391g	0,394g	0,361g
23/01/2013	0,3911g	0,3939g	0,3627g
30/01/2013	0,3903g	0,3931g	0,3632g
06/02/20120	0,3908g	0,3937g	0,3624g
13/02/2013	0,3910g	0,3936g	0,3622g
20/02/2013	0,3909g	0,3935g	0,3624g
27/02/2013	0,3920g	0,3945g	0,3620g
06/03/2013	0,3909g	0,3935g	0,3621g

Analisando-se os resultados notou-se que em 75 dias não foi possível observar perda de massa, houve um leve ganho de massa devido à absorção de água. As Tabelas 4 a 7 mostram resultados obtidos dos testes de intemperismo realizado nos compósitos.

Tabela 4. Resultados obtidos do teste de intemperismo dos compósitos CB5%.

CB5%	Corpo de prova 1	Corpo de prova 2	Corpo de prova 3	Corpo de prova 4	Corpo de prova 5
12/12/2012	0,357 g	0,369 g	0,378 g	0,385 g	0,381 g
19/12/2012	0,356 g	0,369 g	0,378 g	0,385 g	0,381 g
26/12/2012	0,355g	0,370g	0,381g	0,386g	0,383g
03/01/2013	0,358g	0,371g	0,381g	0,387g	0,383g
09/01/2013	0,385g	0,372g	0,381g	0,387g	0,384g
16/01/2013	0,360g	0,373g	0,383g	0,389g	0,384g
23/01/2013	0,3592g	0,3717g	0,3816g	0,3850g	0,3825g
30/01/2013	0,3595g	0,3744g	0,3818g	0,3873g	0,3834g
06/02/2013	0,3587g	0,3717g	0,3813g	0,3877g	0,3838g
13/02/2013	0,3583g	0,3711g	0,3811g	0,3869g	0,3836g
20/02/2013	0,3581g	0,3713g	0,3811g	0,3866g	0,3840g
27/02/2013	0,3573g	0,3718g	0,3816g	0,3906g	0,3833g
06/03/2013	0,3581g	0,3710g	0,3805g	0,3865g	0,3833g

Tabela 5. Resultados obtidos do teste de intemperismo dos compósitos CB10%.

CB10%	Corpo de prova 1	Corpo de prova 2	Corpo de prova 3	Corpo de prova 4	Corpo de prova 5
12/12/2012	0,380 g	0,391 g	0,377 g	0,357 g	0,349 g
19/12/2012	0,379 g	0,391 g	0,377 g	0,358 g	0,349 g
26/12/2012	0,380g	0,394g	0,378g	0,356g	0,349g
03/01/2013	0,381g	0,394g	0,379g	0,359g	0,350g
09/01/2013	0,381g	0,394g	0,379g	0,359g	0,350g
16/01/2013	0,382g	0,394g	0,380g	0,360g	0,350g
23/01/2013	0,3815g	0,3944g	0,3800g	0,3598g	0,3506g
30/01/2013	0,3817g	0,3951g	0,3803g	0,3601g	0,3507g
06/02/2013	0,3812g	0,3942g	0,3795g	0,3600g	0,3504g
13/02/2013	0,3812g	0,3942g	0,3795g	0,3595g	0,3504g
20/02/2013	0,3806g	0,3935g	0,3791g	0,3591g	0,3496g
27/02/2013	0,3824g	0,3947g	0,3782g	0,3603g	0,3501g
06/03/2013	0,3806g	0,3933g	0,3789g	0,3589g	0,3495g

Tabela 6. Resultados obtidos do teste de intemperismo dos compósitos CB20%.

CB20%	Corpo de prova 1	Corpo de prova 2	Corpo de prova 3	Corpo de prova 4	Corpo de prova 5
12/12/2012	0,390 g	0,411 g	0,383 g	0,407 g	0,390 g
19/12/2012	0,389 g	0,390 g	0,383 g	0,407 g	0,391 g
26/12/2012	0,391g	0,414g	0,385g	0,409g	0,391g
03/01/2013	0,392g	0,415g	0,385g	0,409g	0,392g
09/01/2013	0,392g	0,415g	0,385g	0,409g	0,392g
16/01/2013	0,3923g	0,416g	0,387g	0,410g	0,393g
23/01/2013	0,3926	0,4157g	0,3851g	0,4104g	0,3920g
30/01/2013	0,3927	0,4165g	0,3847g	0,4106g	0,3917g
06/02/2012	0,3927g	0,4153g	0,3859g	0,4098g	0,3924g
13/02/2013	0,3924g	0,4146g	0,3861g	0,4096g	0,3919g
20/02/2013	0,3919g	0,4145g	0,3850g	0,4091g	0,3915g
27/02/2013	0,3934g	0,4147g	0,3852g	0,4099g	0,3927g
06/03/2013	0,3917g	0,4141g	0,3848g	0,4088g	0,3913g

Tabela 7. Resultados obtidos do teste de intemperismo dos compósitos CB30%.

CB30%	Corpo de prova 1	Corpo de prova 2	Corpo de prova 3	Corpo de prova 4	Corpo de prova 5
12/12/2012	0,417 g	0,423 g	0,431 g	0,390 g	0,408 g
19/12/2012	0,415 g	0,425 g	0,432 g	0,390 g	0,410 g
26/12/2012	0,419g	0,426g	0,434g	0,392g	0,410g
03/01/2013	0,421g	0,428g	0,434g	0,392g	0,412g
09/01/2013	0,421g	0,428g	0,4345g	0,392g	0,412g
16/01/2013	0,4232g	0,4290g	0,4359g	0,3923g	0,4137g
23/01/2013	0,4211g	0,4163g	0,4349g	0,3931g	0,4126g
30/01/2013	0,4229g	0,4289g	0,4359g	0,3929g	0,4135g
06/02/2012	0,4220g	0,4288g	0,4353g	0,3929g	0,4125g
13/02/2013	0,4212g	0,4285g	0,4348g	0,3926g	0,4122g
20/02/2013	0,4206g	0,4279g	0,4345g	0,3919g	0,4118g
27/02/2013	0,4217g	0,4300g	0,4344g	0,3933g	0,4135g
06/03/2013	0,4202g	0,4275g	0,4338	0,3912g	0,4110g

Analisando-se os resultados foi observado que houve maior ganho de massa dos compósitos quando comparado aos PP puro. Isso ocorre devido à inserção de fibras, pois os materiais lignocelulósicos mudam as suas dimensões quando absorvem umidade, porque a parede celular destes materiais possui grupos hidroxila que interagem com água por meio de ligações de hidrogênio.

No entanto, a quantidade de fibra inserida na matriz não influenciou na absorção, pois esperava-se que quanto maior a inserção de fibras maior seria o ganho de massa. Também não foi notado modificação na cor dos compósitos. Desta forma, fica evidente que seria necessário um maior tempo de análise para observar alterações na cor e no peso.

4. Conclusões

Com a análise dos resultados obtidos neste trabalho foi possível avaliar o efeito do tratamento químico de mercerização nas fibras de bagaço de cana sobre as propriedades dos compósitos, bem como seu estudo quanto ao envelhecimento ambiental. Quanto à caracterização das fibras foi possível chegar às seguintes conclusões:

- o tratamento químico provocou alteração na coloração, na composição química e na estabilidade térmica das fibras, removendo impurezas e constituintes amorfos como lignina e hemicelulose;

- os resultados de FTIR apresentam diferenças significativas entre as fibras in natura e mercerizadas;
- os resultados de Difractometria de Raios X não apresentaram diferenças significativas;
- os resultados de Microscopia Eletrônica de Varredura evidenciaram diferenças significativas quanto à morfologia das fibras após o tratamento.

Quanto à caracterização e obtenção dos compósitos as principais conclusões foram:

- o processo de obtenção utilizado na fabricação dos compósitos foi adequado;
- o uso da moldagem por injeção foi interessante, pois tornou o processo rápido e reproduzível fazendo com que seja perfeitamente viável o uso deste material em escala industrial;
- com a adição de fibras naturais no PP obteve-se um material com até 30% menos polímero e com propriedades mecânicas viáveis para determinadas aplicações do PP;
- a adição de 30% fibras de bagaço de cana mercerizadas na matriz PP proporcionou o maior aumento de rigidez no ensaio de flexão quando comparado ao PP puro;
- o teste de intemperismo revelou um leve ganho de massa após 75 dias, mas ficou claro que a inserção de fibras apresenta maior ganho de massa quando comparado ao PP puro.

Desta forma, fica evidente que o tratamento realizado na superfície das fibras foi eficaz e eu o teor de fibras inseridos na matriz PP alterara significativamente as propriedades mecânicas.

5. Referências Bibliográficas

ALVES, C.; FERRÃO, P.M. C.; SILVA, A. J.; REIS, L. G.; FREITAS, M.; RODRIGUES, L. B.; ALVES, D. E. Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites. *Journal of Cleaner Production*, v.18, p.313-327, 2010.

BENINI, K. C. C. C. Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas: HIPS/fibra da casca do coco verde e bagaço de cana de açúcar. 2011. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, 2011.

CARNEVAROLLO, S.V. "Ciências dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros", SP, Arttliber Editora, (2002).

DEL CARPIO, D. C. F. Degradação físico-química do PVC causada por derivados do petróleo. 2009. 25f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.

IBRAHIM, M. M.; DUFRESNE, A.; EL-ZAWAWY, W. K.; AGBLEVOR, F. A. Banana fibers and microfibrils as lignocellulosic reinforcements in polymer composites. *Carbohydrate Polymers*, v.81, p.811-819, 2010.

JIANG, X.; KOLSTEIN, H.; BIJLAARD, F. S. K. Moisture diffusion and hygrothermal aging in pultruded fibre reinforced polymer composites of bridge decks. *Materials & Design*, v.37, p.304-312, 2012.

MIGNEAULT, S.; KOUBAA, A.; ERCHIQUI, F.; CHAALA, A.; ENGLUND, K.; WOLCOTT, M. P. Effects of processing method and fiber size on the structure and properties of wood-plastic composites. *Composites: Part A*, v.40, p.80-85, 2009.

MULINARI, D. R.; VOORWALD, H. J. C.; CIOFFI, M. O. H.; ROCHA, G. J. M., DA SILVA, M. L. P. Surface modification of sugarcane bagasse cellulose and its effect on mechanical and water absorption properties of sugarcane bagasse cellulose/HDPE composites. *BioResources*, v.5(2), p.661-671, 2010.

RODRIGUES, L. P. S. 2007 Efeitos do envelhecimento ambiental acelerado em compósitos poliméricos. p.39-45 Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

10. XU, X.; JAYARAMAN, K.; MORIN, C.; PECQUEUX, N. Life cycle assessment of wood-fiber-reinforced polypropylene composites. *Journal of Materials Processing Technology*, v.198, p.168-177, 2008.