



## ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE PARTÍCULAS DA CASCA DE CAFÉ PARA APLICAÇÃO EM BIOCOMPÓSITOS

Bárbara M. M. Gonçalves<sup>1</sup>, Mayara de O. Camillo<sup>1</sup>, Lilian G. Carreira<sup>1</sup>,  
Eduarda C. R. de Melo<sup>1</sup>, Roseméri B. S. da Silva<sup>1</sup>, Jordão C. Moulin<sup>1</sup>, Michel P.  
Oliveira<sup>1\*</sup>

1 - Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto  
Universitário, S/N Guararema, 29500-000 - Alegre - ES, Brasil.

[michelpicanco@gmail.com](mailto:michelpicanco@gmail.com)

### RESUMO

*Diante do cenário de poluição encontrado pelo mundo, a busca por materiais sustentáveis que possam ser utilizados na produção de biocompósitos poliméricos ganha cada vez mais atenção, principalmente pelas excelentes propriedades mecânicas apresentadas por esses. Em se tratando disso, o presente trabalho estudou a resistência à tração e a absorção de água de biocompósitos poliméricos de matriz de poliuretano vegetal reforçadas com 0, 10, 20 e 30% em volume de fibras da casca de café (PU/CC), sem tratamento prévio. Os corpos de prova para os ensaios de absorção de água e de tração foram preparados por compressão pneumática a 90 bar por 72 h, seguindo as dimensões padronizadas pelas normas da American Society for Testing and Materials ASTM D570 e ASTM D7264. Para melhor entender os efeitos de interação das fibras vegetais utilizadas com a resina poliuretana, a casca do café foi caracterizada quanto a sua composição química. Os resultados da caracterização apontaram que a casca do café apresenta 40% de celulose, 24% de hemicelulose, 6% de lignina insolúvel, 4% de lignina solúvel e 15,68% de extrativos. Todos os biocompósitos apresentaram diminuição nos valores de tensão máxima em tração, em comparação com o PU. Os ensaios de absorção de água indicaram que o material produzido é resistente a captação de umidade, 0,55% de absorção foi observada para o material preparado somente com resina, enquanto 1,20% para PU/CC 30%. Com os resultados, pode-se afirmar que não houve uma boa interação fibra/matriz que ocasionou em valores baixos nas propriedades mecânicas de tração desses biocompósitos. Apesar da casca do café conter cerca de 40% de celulose, não foi possível obter uma excelente interação fibra/matriz. A melhor composição foi considerada para PU/CC 20%, com resistência a tração de 9,9 MPa e módulo de elasticidade de 173,3 MPa.*

**Palavras-chave:** Casca de café, biocompósitos poliméricos, fibras vegetais.

### INTRODUÇÃO

Os lixos plásticos vêm causando inúmeros malefícios nos últimos anos em todo mundo, devido ao descarte inadequado, estes materiais possuem alta durabilidade, a degradação ocorre de forma lenta, ao serem incinerados emitem gases que colaboram com o efeito estufa. Visando o futuro, uma nova classe de materiais poliméricos elaborados com monômeros de base natural surgem como alternativa sustentável, os biopolímeros <sup>(1,2)</sup>

Os biocompósitos poliméricos aparecem como uma alternativa para a redução do uso de combustíveis fósseis, esses materiais são sintetizados por monômeros de base vegetal extraídos do óleo de frutos, de sementes e plantas oleaginosas<sup>(3,4)</sup>. Um exemplo de biomônômeros é o óleo da mamona, o qual vêm sendo estudado na produção de poliuretanos, esse material é renovável, tendo baixo custo, baixa densidade, com alta resistência e flexibilidade<sup>(5-7)</sup>.

A incorporação de fibras vegetais (FV) aos biocompósitos é uma forma utilizada para aprimorar as propriedades mecânicas, visando atender as demandas industriais. Além de melhorar as propriedades, as FV possuem baixo custo, são de fácil processamento por serem leves e não corrosivos, e, apresentam excelentes propriedades térmicas e mecânicas.<sup>(8,9)</sup>

Diante desse contexto, o presente trabalho justifica-se pela motivação ambiental propondo o desenvolvimento de biocompósito polimérico. O presente trabalho estudou a interação da resina poliuretana sintetizada a partir do óleo de mamona reforçado com a casca do café, ambos materiais sustentáveis e de baixo custo.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Amostragem e Preparo do Material Lignocelulósico**

As cascas do café foram provenientes da cidade de Santa Tereza localizada no Espírito Santo, Brasil. Para maior homogeneização, as cascas foram moídas em um Moinho de Facas Macro tipo Willey (NR10-NR12) – SL-32/NR nas peneiras de meshes #10, #20 e #30, e separadas por um peneirador gravimétrico do sistema Tyler de meshes #48 e #60, o material retido nesta última foi utilizado para o preparo dos biocompósitos.

### **Preparo dos Corpos de Prova**

A resina de poliuretano vegetal foi fornecida pela empresa Imperveg Polímeros e Comércio LTDA, especificada como material biocomponente com densidade de 1,0 g/cm<sup>3</sup>, sendo o componente A um pré – polímero sintetizado a partir do poliálcool extraído do óleo da mamona e do difenilmetano diisocianato (MDI), e o componente B, o poliálcool. Para a formação do produto foram recomendadas as proporções dos componentes em 46% de A para 54% de B. Foram preparados cinco corpos de provas para cada composição, sendo elas: PU, biocompósitos com 10, 20 e 30% de partículas da casca do café *in natura*. A mistura da resina com as cascas de café foi realizada manualmente por 2min, e em seguida, despejados em moldes de silicone e encaminhados a um reator sob pressão de 90kPa por 72h. Para a realização dos ensaios foram necessários 15 dias para a cura total dos materiais.

### **Caracterização Química das Partículas Lignocelulósicas**

O teor de substâncias na casca do café *in natura* e tratadas foram realizadas em triplicata na ordem: i- Teor de extrativos com base na NBR 14853:2010<sup>(10)</sup>, utilizando como solvente solução de tolueno e etanol (2:1) nas primeiras 5h de extração, e na segunda extração apenas etanol durante 5h, a terceira extração foi realizada em banho maria com água a 100°C. Após a remoção de extrativos foram quantificados ii- o teor de lignina seguindo a NBR 7989:2014<sup>(11)</sup> e iii- o teor de celulose e hemicelulose de acordo com Rowell<sup>(12)</sup>. O teor de cinzas das amostras foi determinado pela norma TAPPI (T 211 om-02)<sup>(13)</sup>.

### **Ensaio de Tração**

Foram preparados 5 corpos de provas de acordo com as dimensões estabelecidas pela norma ASTM D3039<sup>(15)</sup> e submetidos a ensaios de tração em uma máquina universal de ensaios AME

5KN Oswaldo Filizola (São Paulo, Brasil) com velocidade de carregamento de 1 mm min<sup>-1</sup> e célula de carga de 2 kN.

## Ensaio de Absorção de Água

Para os ensaios de absorção de água foram seguidas as recomendações da norma ASTM D570<sup>(16)</sup>. A porcentagem de água absorvida foi calculada pela Equação (B).

$$\text{Aumento do peso} = \left( \frac{\text{Peso molhado} - \text{Peso condicionado}}{\text{Peso condicionado}} \right) * 100 \quad (\text{B})$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização Lignocelulósica

A Tabela 1 apresenta dos valores obtidos para a celulose, hemicelulose, lignina, extrativos e densidade para a casca de café *in natura* (IN NAT).

Tabela 1: Composição lignocelulósicas e densidade da casca do café *in natura*.

|        | Celulose (%) | Hemicelulose (%) | Lignina (%) | Extrativos (%) | Cinzas (%) | Densidade (g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------|--------------|------------------|-------------|----------------|------------|--------------------------------|
| IN NAT | 34,1 ± 2,0   | 30,8 ± 2,0       | 24,2 ± 1,0  | 20,4 ± 1,0     | 5,4 ± 0,5  | 1,3 ± 0,5                      |

As fibras vegetais não possuem composição fixa, podendo haver variação tanto nos constituintes químicos quanto nos teores de acordo com a espécie, condições do solo e do clima da região<sup>(17)</sup>. Os valores obtidos foram semelhantes aos encontrados por Setter *et al*<sup>(18)</sup>, Huang *et al*<sup>(19)</sup>, e por Collazo-Bigliardi; Ortega-Toro; Chiralt Boix<sup>(20)</sup> para a lignina (27,1%), (20,7%) e para a celulose (35,4%), respectivamente.

### Absorção de água

A Figura 1 apresenta o comportamento de absorção de água do compósito de PU e dos biocompósitos produzidos com diferentes porcentagens de fibras *in natura* observados por ensaio de longa imersão.

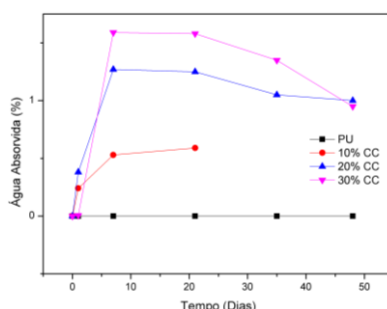


Figura 1: Curvas de absorção de água para o biocompósito de poliuretano (PU) e para os biocompósitos reforçados com 10, 20 e 30% de casca de café (CC).

É possível observar que em 49 dias de ensaio a massa dos corpos de prova de PU se mantiveram constantes, sem alterações significativas, comprovando o caráter hidrofóbico da matriz. Por

outro lado, os biocompósitos reforçados com 20 e 30% de carga obtiveram maiores teores de umidade, enquanto o reforço de 10% foi o que obteve a menor porcentagem de água absorvida. Entretanto, é importante ressaltar que a quantidade máxima de água absorvida foi de 2%, um valor extremamente baixa, o que não inviabiliza a utilização dessa material para grande parte das aplicações industriais.

### Propriedades Mecânicas de Tração

Na Figura 3 estão apresentados os resultados do comportamento mecânico para o poliuretano e biocompósitos produzidos com casca do café *in natura* quando submetidos a ensaios de tração.

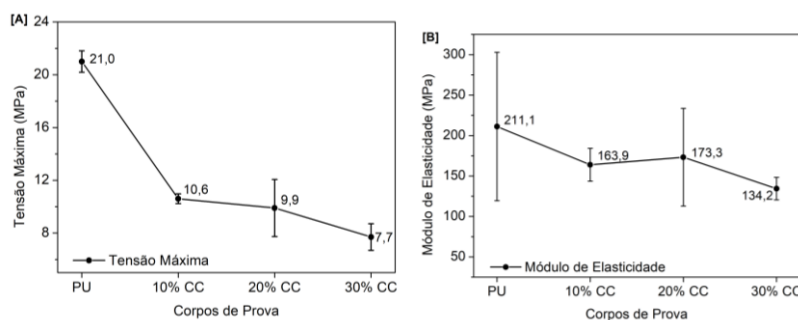


Figura 3: Resistência à tração e módulo de elasticidade (MOE) do PU e dos biocompósitos PU/CC com 10, 20 e 30% de casca do café *in natura*.

Como pode ser visto na Figura 3-A, os biocompósitos reforçados com a casca do café *in natura* apresentaram diminuição de até 50% nos valores de tensão máxima. Sendo considerado o melhor desempenho mecânico para os biocompósitos com 20% de casca do café com resistência a tração de 9,9 MPa e módulo de elasticidade de 173,3 MPa (Figura 3-B). Por meio desses resultados foi possível concluir que não ocorre uma boa interação entre as partículas da casca do café e a resina poliuretana, desta forma, acredita-se que a aplicação de tratamentos superficiais pode contribuir para o incremento dessa interação.

### CONCLUSÕES

A caracterização das partículas lignocelulósicas demonstrou o potencial para a aplicação da casca de café como recurso renovável em biocompósitos, principalmente quando se leva em conta o alto teor de celulose. Entretanto, não houve uma boa interação entre a fibra/matriz, diante dos resultados apresentados. Com isso, sugere-se tratamento prévio nas fibras para aplicação em biocompósitos.

### AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES). Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES): FAPES 456/2021-EDITAL FAPES N° 03/2021—UNIVERSAL).

### REFERÊNCIAS

- 1 HAMILTON, A. et al. Solving Plastic pollution through accountability Warning : Plastics are polluting nature , endangering wildlife and. WWF Plastic Report 2019, 2019.

- 2 PRIETO, A. To be, or not to be biodegradable... that is the question for the bio-based plastics. *Microbial Biotechnology*, v. 9, n. 5, p. 652–657, 2016
- 3 CHEN, G.-Q.; PATEL, M. K. Plastics Derived from Biological Sources: Present and Future: A Technical and Environmental Review. *Chemical Reviews*, v. 112, n. 4, p. 2082–2099, 11 abr. 2012.
- 4 OTHMAN, M. H. *Polymer Blends and Composites From Renewable Resources*. [s.l.] Elsevier Ltd., 2019. v. 94.
- 5 KAUSAR, A. Polyurethane Composite Foams in High-Performance Applications: A Review. *Polymer - Plastics Technology and Engineering*, v. 57, n. 4, p. 346–369, 2018.
- 6 DAS, S. et al. Insight on Castor Oil Based Polyurethane and Nanocomposites: Recent Trends and Development. *Polymer - Plastics Technology and Engineering*, v. 56, n. 14, p. 1556–1585, 2017.
- 7 NGUYEN DANG, L. et al. Synthesis and characterization of castor oil-segmented thermoplastic polyurethane with controlled mechanical properties. *European Polymer Journal*, v. 81, p. 129–137, 2016.
- 8 BALLA, V. K. et al. Additive manufacturing of natural fiber reinforced polymer composites: Processing and prospects. *Composites Part B: Engineering*, v. 174, p. 106956, out. 2019.
- 9 SARASINI, F. et al. Recycling coffee silverskin in sustainable composites based on a poly(butylene adipate-co-terephthalate)/poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) matrix. *Industrial Crops and Products*, v. 118, n. November 2017, p. 311–320, ago. 2018.
- 10 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, A. Abnt Nbr. ABNT NBR 14853: Madeira — Determinação do material solúvel em etanol-tolueno, em diclorometano e em acetona. Anais. 2010
- 11 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, A. Abnt Nbr. ABNT NBR 7989: Pasta celulósica e madeira — Determinação de lignina insolúvel em ácido. Anais. 2014
- 12 ROWELL, R. M. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. [s.l.] CRC Press, 2012.
- 13 TAPPI, T. A. OF THE P. AND P. I. Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C T 211 OM -02. TAPPI Standard Test Methods. Anais. IEEE, jun. 2002
- 14 AJOUGUIM, S. et al. Modifications of Alfa fibers by alkali and hydrothermal treatment. *Cellulose*, v. 26, n. 3, p. 1503–1516, 2019.
- 15 ASTM, A. S. FOR T. AND M. Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials D 3039 M-17. ASTM Standards. Anais. 2017.
- 16 ASTM, A. S. FOR T. AND M. Standard Test Method for Water Absorption of Plastics D570 – 18. ASTM Standards, 2018.
- 17 HO, M. P. et al. Critical factors on manufacturing processes of natural fibre composites. *Composites Part B: Engineering*, v. 43, n. 8, p. 3549–3562, 2012.
- 18 SETTER, C. et al. Slow pyrolysis of coffee husk briquettes: Characterization of the solid and liquid fractions. v. 261, n. September 2019, 2020.
- 19 HUANG, L. et al. Sustainable Use of Coffee Husks For Reinforcing Polyethylene Composites. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 26, n. 1, p. 48–58, 2018.
- 20 COLLAZO-BIGLIARDI, S.; ORTEGA-TORO, R.; CHIRALT BOIX, A. Isolation and characterisation of microcrystalline cellulose and cellulose nanocrystals from coffee husk and comparative study with rice husk. *Carbohydrate Polymers*, v. 191, n. March, p. 205–215, 2018.
- 21 KALLEL, F. et al. Isolation and structural characterization of cellulose nanocrystals extracted from garlic straw residues. *Industrial Crops and Products*, v. 87, p. 287–296, 2016.
- 22 ROSA, M. F. et al. Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior. *Carbohydrate Polymers*, v. 81, n. 1, p. 83–92, 2010.
- 23 SUNG, Soo Hyun; CHANG, Yoonjee; HAN, Jaejoon. Development of polylactic acid nanocomposite films reinforced with cellulose nanocrystals derived from coffee silverskin. *Carbohydrate Polymers*, v. 169, p. 495-503, 2017.

## STUDY OF THE CHARACTERIZATION AND APPLICATION OF COFFEE HUNT PARTICLES FOR APPLICATION IN BIOCOMPOSITES

### ABSTRACT

*In view of the pollution scenario found around the world, the search for sustainable materials that can be used in the production of polymeric biocomposites is gaining more and more attention, mainly due to the excellent mechanical properties presented by these. In terms of that, the present work studied the tensile strength and water absorption of polymeric biocomposites of vegetable polyurethane matrix reinforced with 0, 10, 20 and 30% by volume of coffee husk fibers (PU/CC), without prior treatment. The specimens for the water absorption and tensile tests were prepared by pneumatic compression at 90 bar for 72 h, following the dimensions standardized by the standards of the American Society for Testing and Materials ASTM D570 and ASTM D7264. To better understand the interaction effects of the plant fibers used with the polyurethane resin, the coffee husk was characterized in terms of its chemical composition. The characterization results showed that the coffee husk has 40% cellulose, 24% hemicellulose, 6% insoluble lignin, 4% soluble lignin and 15.68% extractives. All biocomposites showed a decrease in maximum tensile stress values compared to PU. The water absorption tests indicated that the material produced is resistant to moisture capture, 0.55% of absorption was observed for the material prepared only with resin, while 1.20% for PU/CC 30%. With the results, it can be affirmed that there was not a good fiber/matrix interaction that caused low values in the mechanical tensile properties of these biocomposites. Although the coffee husk contains about 40% cellulose, it was not possible to obtain an excellent fiber/matrix interaction. The best composition was considered for PU/CC 20%, with tensile strength of 9.9 MPa and modulus of elasticity of 173.3 MPa.*

**Keywords:** Coffee husk, polymeric biocomposites, plant fibers.