

# APROVEITAMENTO DAS CASCAS DE CAFÉ COMO CARGA EM POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE

Pedro Lukine Martins Brittes<sup>1</sup>, Alex Sandro Babetto<sup>2</sup>, Baltus Cornelius Bonse<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Engenharia de Materiais, Centro Universitário da FEI

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação da Engenharia Mecânica, Centro Universitário da FEI  
pedro.lukine@gmail.com; prebbonse@fei.edu.br

**Resumo:** O projeto visa à incorporação de casca de café em uma matriz de polietileno de alta densidade (PEAD) agregando valor ao resíduo agrícola. O compósito de PEAD, casca de café e agente compatibilizante foram injetados para obtenção de corpos de prova e submetidos a diversos ensaios mecânicos e térmicos para análise do comportamento das fibras no compósito. Os ensaios indicam a função de carga de enchimento, aumentando o módulo elástico, HDT e resistência à flexão e reduzindo a resistência a tração, deformação e tenacidade do compósito.

## 1. Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, representando 32% da produção mundial [1]. Naturalmente, no processamento do café, resíduos agrícolas são gerados, podendo chegar a 50% do peso bruto do café produzido. Pensando em usos alternativos e rentáveis para tais resíduos e adequando-se às necessidades de um mercado mundial de materiais cada vez mais leves e resistentes, os compósitos reforçados por fibras naturais têm atraído grande interesse de pesquisadores.

Como matriz polimérica para este compósito, foi escolhido o polietileno de alta densidade (PEAD), não apenas por ser um dos materiais poliméricos mais consumidos no mundo, mas também por possuir características notáveis como tenacidade, facilidade de processamento, resistência química, resistência ao impacto, baixa absorção de umidade dentre outras.

Dentro desse contexto, este trabalho tem como principal objetivo o estudo do efeito da incorporação em PEAD de 20, 30 e 40% em massa de cascas de café moídas, com agente compatibilizante a um teor de 10% em massa em relação ao resíduo para análise do comportamento das fibras no compósito.

## 2. Metodologia

O Polietileno utilizado (Braskem – PEAD IB58, código 68458463) apresenta índice de fluidez (190°C / 2,16kg) de 35g/10 min. Como agente compatibilizante utilizou-se o polietileno graftizado com anidrido maleico (PE-g-MA), código Masterfil Adibond M9594 com teor de 1,5% MA, com a intenção de melhorar a adesão das fibras na matriz polimérica, transferindo de forma efetiva os esforços solicitados. As fibras utilizadas foram os resíduos agrícolas contendo cabos, talos e principalmente casca de café, cedidas pela Coffair Brasil (Franca, SP).

Os resíduos foram triturados em moinho de facas e aquecidos em estufa para retirada do excesso de umidade. Foi obtido um concentrado com 40% de casca

de café e 4% em massa de PE-g-MA por meio de tamboreamento manual e extrusão em extrusora dupla rosca corrotacional.

A partir do concentrado foram injetados corpos de prova (cps) de PEAD contendo 20, 30 e 40% em massa de casca de café (CC) e 10% em massa de PE-g-MA em relação ao resíduo. Para fins comparativos, injetaram-se também corpos de prova de PEAD puro e PEAD com 30% em massa de CC sem compatibilizante. Os cps foram submetidos a ensaios de tração, impacto, flexão e de distorção ao calor (HDT) além do índice de fluidez.

Todos os ensaios seguiram normas ASTM para validação dos resultados.

## 3. Resultado e Discussão

As formulações, independente do teor de carga de casca de café, foram incorporadas e processadas com êxito. Quanto ao comportamento dos compósitos nos ensaios mecânicos de tração, flexão em três pontos e impacto pode-se concluir que as cascas possuem comportamento mais compatível com uma carga de enchimento do que uma carga de reforço [2]. Tal confirmação é possível principalmente pelos resultados de resistência à tração mostrada na figura 1, na qual se observa uma redução de 23,5 MPa do PEAD puro para 19,6 MPa do PEAD-40%CC (redução de 17%). Mesmo assim, propriedades como, resistência à flexão (Fig.2) e módulo de elasticidade em flexão (Fig.3), aumentaram em 190% e 157% respectivamente.

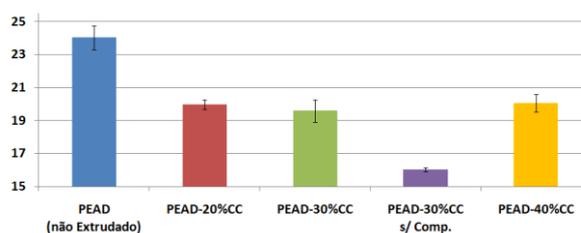


Figura 1 - Resistência à tração (MPa)

Observa-se também, pelas Fig. 4 e 5, quedas abruptas na deformação na ruptura e na tenacidade de 99% quando comparadas com o PEAD sem adição de casca), pois ao incorporarem-se fibras mais rígidas a uma matriz mais dúctil com maior mobilidade das cadeias, a mobilidade rotacional da cadeia polimérica é reduzida pelas fibras [2].

Com relação ao ensaio de impacto (Fig. 6), não houve mudança quanto à quantidade de energia absorvida no impacto. Segundo a análise de variância ANOVA, não houve variação significativa em nenhuma composição quando comparada com o PEAD puro.

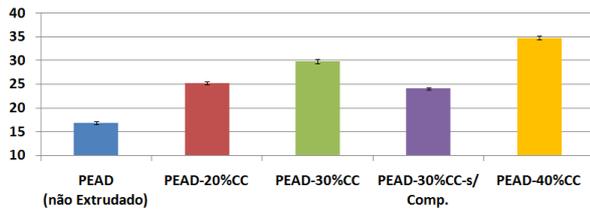
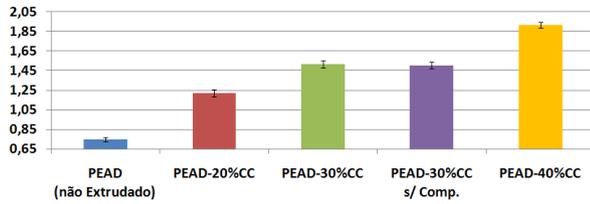
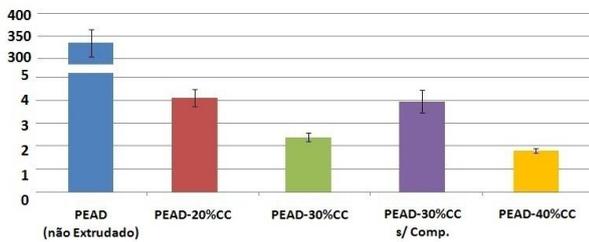
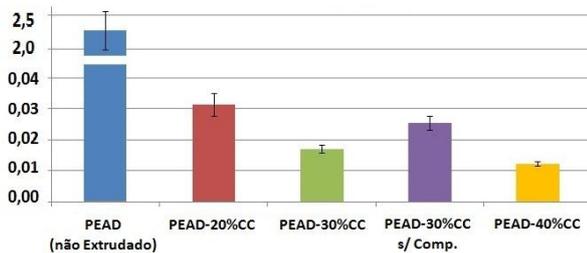
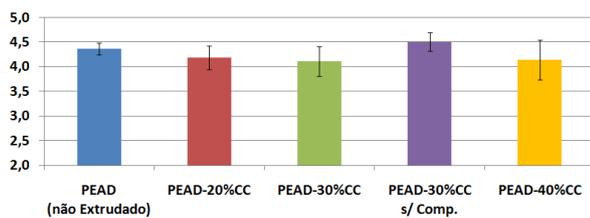
Figura 2 – Resistência à flexão  $\sigma$  a 4%(MPa).Figura 3 – Módulo elástico em flexão  $E_{0,3\%}$  (GPa)

Figura 4 – Deformação na ruptura em tração (%).

Figura 5 – Tenacidade dos compósitos (kJ/m<sup>2</sup>).Figura 6 – Resistência ao impacto (kJ/m<sup>2</sup>).

Para os ensaios térmicos (Fig. 7), os resultados mais expressivos foram na composição com maior quantidade de carga (PEAD com 40% CC) resultando em um aumento de 44% na temperatura de distorção térmica, seguindo o aumento na rigidez que foi visualizado anteriormente no ensaio de flexão.

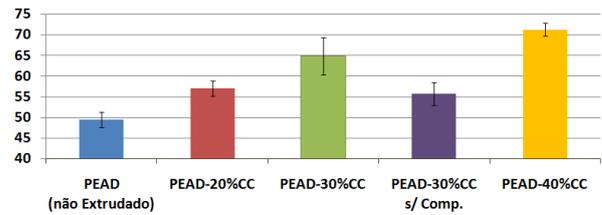


Figura 7- HDT (°C).

O índice de fluidez (Fig. 8) apresentou uma queda de 74%, causada pelo aumento da resistência ao fluxo ocasionado pelas fibras, dificultando o processamento.

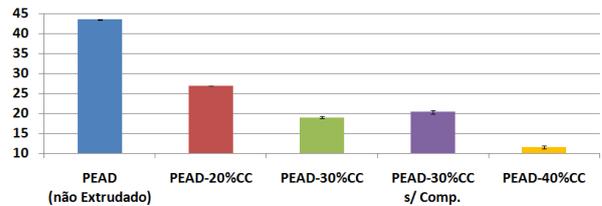


Figura 8 – Índice de Fluidez (g/10min)

#### 4. Conclusões

É possível concluir que as fibras, por apresentarem comportamento mais rígido que a matriz, forneceram um aspecto mais rígido aos compósitos, aumentando seus módulos de elasticidade acima de 150% e tornando-os menos dúcteis e tenazes, demonstrado pelo ensaio de deformação na ruptura, onde todos os compósitos que apresentavam casca de café sofreram redução de pelo menos 99% na deformação na ruptura e na tenacidade quando comparados ao material puro.

Conclui-se que os resíduos de casca de café atuam mais como carga de enchimento do que como carga de reforço, pela redução na resistência à tração com a sua incorporação.

#### 5. Referências

- [1] Consórcio pesquisa café 2018. Disponível em: <<http://www.consorcioquesacasca.com.br/>>. Acesso em: 24 de maio de 2018
- [2] M. S. Rabello, Aditivação de Polímeros, Artliber, 2000

#### Agradecimentos

Ao Centro Universitário da FEI pela disponibilização de recursos e técnicos, ao SENAI pelo empréstimo de maquinário e técnicos e a Coffair Brasil (Franca, SP) pelo fornecimento dos resíduos de café.

<sup>1</sup>Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 12/17 a 11/18.