



COMPARAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES TERMOMECÂNICAS DE COMPOSTOS DE POLIPROPILENO (PP) COM CARVÃO ATIVADO (CA) E NEGRO DE FUMO (NF)

Larissa Nayara Cocharro de Brito¹

Leandro José dos Santos²

Edilene de Cássia Dutra Nunes³

RESUMO

Para verificar a possibilidade da reciclagem dos resíduos pós-uso do carvão ativado (CA) como pigmento preto em termoplástico, em substituição ao negro de fumo (NF) comumente utilizado para este fim, este estudo teve como objetivo avaliar as propriedades mecânicas dos compostos de polipropileno (PP) após a adição de NF e CA, sendo que as concentrações inseridas no PP foram de 1% de ambos materiais. Os ensaios realizados foram dureza Shore D, resistência à tração e temperatura de distorção ao calor (HDT). Os resultados de dureza Shore D não apresentaram diferenças significativas. Com relação à resistência à tração, o módulo de elasticidade reduziu em aproximadamente 6% para o CA e 20% para o NF, enquanto que a tensão máxima no escoamento apresentou leve aumento para CA e pequena redução para NF. O alongamento reduziu para ambos compostos. No ensaio de HDT, estabilidade térmica do polímero aumentou em 6% e 4% para o CA e para o NF, respectivamente.

Palavras-chave: Polipropileno. Carvão ativado. Negro de Fumo.

1 INTRODUÇÃO

O polipropileno (PP) é uma resina poliolefínica semicristalina que possui boas propriedades mecânicas e térmicas; conseqüentemente, é amplamente aplicado em muitos campos industriais e da vida cotidiana. Desde sua descoberta, o polipropileno tornou-se o polímero mais utilizado no Brasil e no mundo devido às suas excelentes propriedades elétricas

¹ Pós-Graduada em Materiais Poliméricos na Faculdade SENAI de Tecnologia Ambiental – E-mail: lari_cocharro@hotmail.com

² Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais na Universidade Federal do ABC (UFABC) – Professor no Curso de Tecnologia em Polímeros da Faculdade SENAI de Tecnologia. E-mail: leandro.jose@sp.senai.br.

³ Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Pós-doutoranda em Engenharia de Materiais na Universidade Federal do ABC (UFABC) – Professora no Curso de Tecnologia em Polímeros da Faculdade SENAI de Tecnologia. E-mail: edilene.nunes@sp.senai.br.



e de resistência à fadiga por flexão, baixa absorção de umidade, fácil processabilidade, respondendo por mais de 19% dos 6,6 milhões de toneladas de transformadores de plástico em 2015 (NUNES; SANTOS, 2015; CALHOUN, 2016).

Quando formuladas com os aditivos adequados, as resinas de polipropileno podem exibir excelente processabilidade (CALHOUN, 2016).

O negro de fumo (NF) apresenta-se em forma de pó fino, com elevada área superficial. É um material coloidal fabricado industrialmente que consiste de partículas de carbono elementares esféricas com diâmetro compreendido entre 15 e 100 nm, que normalmente formam agregados com tamanhos abaixo de um micrômetro. É um nanomaterial usado em uma ampla gama de aplicações, por exemplo, na indústria de pneus, baterias, células de combustíveis, entre outras. Ultimamente, graças às suas propriedades eletricamente condutivas e capacidade de eletrocatalisar muitos processos de oxidação / redução, o NF é muito empregado no campo eletroanalítico (NUNES; BABETO; AGNELLI, 1997; CINTI, 2016).

Convencionalmente, o carvão ativado é produzido de madeira, turfa (carvão fóssil) e carvão de pedra (brasa) que apresenta uma forma microcristalina, não grafitica e sofre um processamento para aumentar a porosidade interna. No processo de preparação do carvão ativado, os dois métodos mais comumente utilizados são as ativações química ou física (PEREIRA *et. al* 2008; RAMOS *et. al* 2009).

Seu poder adsorvente é proveniente da alta área superficial e da presença de uma variedade de grupos funcionais em sua superfície. Muitos resíduos lignocelulósicos, como casca de coco e casca de arroz, têm sido transformados em carvão ativado, minimizando problemas ambientais e tornando-se uma alternativa economicamente viável para o reaproveitamento de diferentes rejeitos industriais.

Os CA podem ser utilizados como materiais adsorventes no tratamento de água, no controle da emissão de poluentes, na purificação e armazenamento de gases, catalisadores e suportes catalíticos. Em aquários de peixes atua como adsorvente de toda matéria orgânica dissolvida e de muitos compostos químicos, como por exemplo, amônia, nitrito, nitrato, ácidos húmicos, entre outros, sendo considerado uma peneira molecular, ou seja, possuem minúsculos poros capazes de retirar de uma corrente líquida alguns compostos (íons ou moléculas) que são contaminantes. Como seu funcionamento remete a um processo de peneiramento, o CA é chamado de peneira molecular natural.

No entanto, o uso de carvão ativado ainda é limitado devido ao seu alto custo, principalmente devido às elevadas temperaturas empregadas na sua obtenção que, em geral, são



superiores a 700 °C. Apesar do alto custo, após seu uso como adsorvente, o CA é comumente descartado em aterros sanitários, sem qualquer outra utilização.

Para verificar a possibilidade da reciclagem dos resíduos pós-uso do CA como pigmento preto em termoplástico, em substituição ao NF comumente utilizado para este fim, este estudo teve como objetivo avaliar qual a influência da adição de carvão ativado nas propriedades do PP, comparadas às propriedades do PP com igual teor de NF.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizado o Polipropileno H-604, com índice de fluidez de 1,5 g/10 min e de densidade de 0,905 g/cm³ fornecido em forma de grânulos pela empresa Braskem. Foram obtidos 1000 g de carvão ativado oriundo de sistemas de filtragem de um aquário doméstico, que foram moídos e peneirados em uma peneira de 300 µm. O negro de fumo utilizado foi o Statex 300 com tamanho de partícula aproximado de 300µm fornecido pela empresa Biancolor[®] *Masterbatches*.

Para a produção do concentrado de cor, foi utilizado uma prensa aquecida e, posteriormente, um moinho para a moagem dos mesmos. Para a produção dos corpos de prova foi utilizada uma máquina injetora Semeraro modelo PPIS 50/30. Os ensaios realizados para a caracterização foram dureza Shore D (ASTM D2240), resistência à tração (ASTM D 638) e HDT (ASTM D648).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dureza Shore D

As formulações foram analisadas com relação à dureza superficial e os resultados encontram-se na Tabela 1.

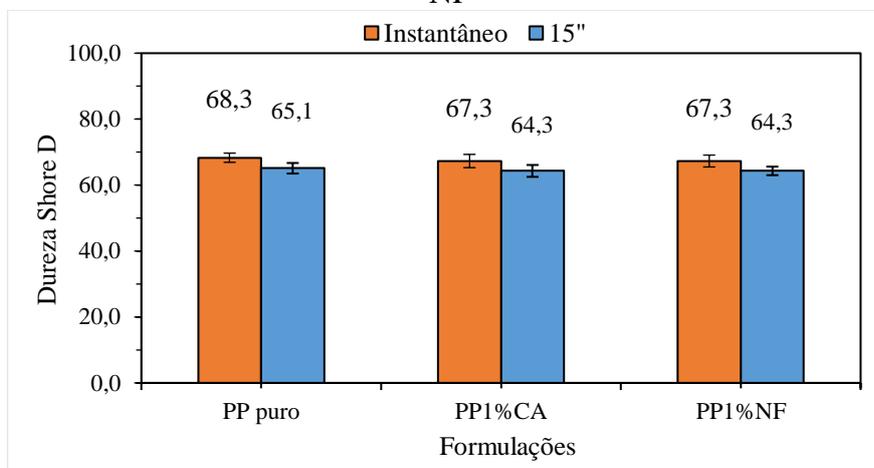
Tabela 1 – Resultados de dureza Shore D para o PP puro e as formulações com 1% de CA e NF

Formulações	Instantâneo	15"
PP puro	68,3±1,4	65,1±1,6
PP1%CA	67,3±2,0	64,3±1,8
PP1%NF	67,3±1,3	64,3±1,3

Fonte: elaborada pelos autores

Os resultados de dureza superficial para o PP puro e as formulações com 1% de CA e 1% de NF, são apresentados de forma comparativa no Gráfico 1, onde é possível verificar as médias e desvio padrão das formulações.

Gráfico 1 – Resultados de dureza Shore D para o PP puro e as formulações com 1% de CA e NF



Fonte: elaborado pelos autores

Segundo os dados apresentados no Gráfico 1, não houve diferença considerável para a dureza Shore D (instantânea e 15") entre o PP puro e os formulações contendo 1% de CA e 1% de NF, pois, a concentração adicionada de CA e de NF não foram suficiente para alterar esta propriedade.

3.2 Resistência à tração

Os resultados das formulações analisadas com relação à resistência à tração e encontram-se na Tabela 2.

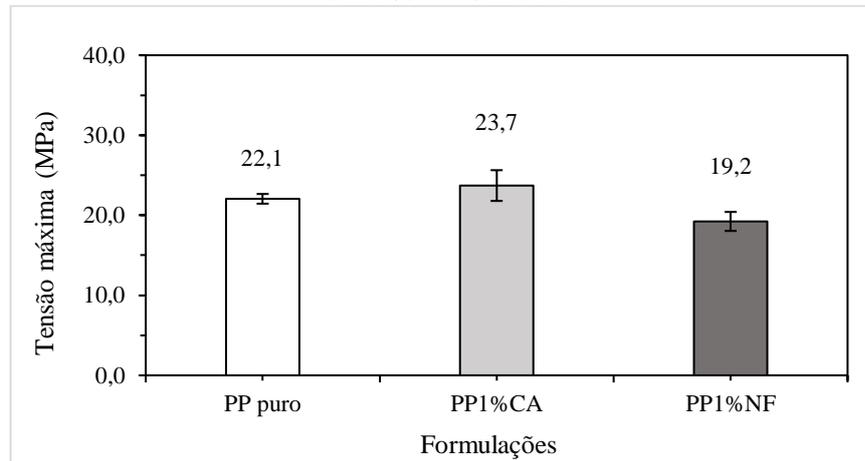
Tabela 2 – Resultados de tensão máxima no escoamento, módulo elasticidade e alongamento na ruptura para o PP puro e as formulações com 1% de CA e NF

Formulações	σ_{max} (MPa)	E (MPa)	Alongamento (%)
PP puro	22,1±0,6	628,7±14,3	691,9±11,3
PP1%CA	23,7±1,9	586,8±31,2	185,9±30,1
PP1%NF	19,2±1,2	498,1±15,5	335,5±19,7

Fonte: elaborada pelos autores

Os resultados da Tabela 1 estão dispostos nos Gráfico 2, Gráfico 3 e Gráfico 4 para melhor visualização e entendimento.

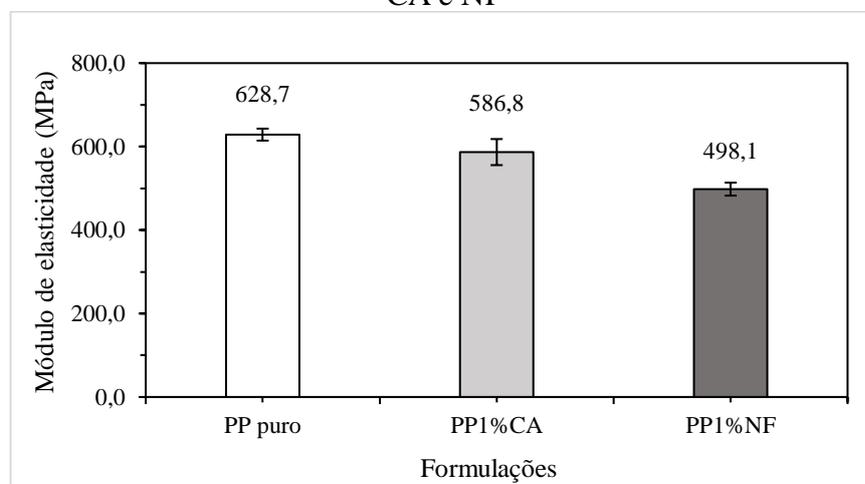
Gráfico 2 – Resultado do Tensão máxima no escoamento para o PP puro e as formulações com 1% de CA e NF



Fonte: elaborado pelos autores

Analisando a tensão máxima no limite de escoamento, é notável que com a adição de 1% de CA no PP apresentou um leve aumento de 7,2%, ou seja, 1,6 MPa, pois, provavelmente houve transferência de energia da matriz promovendo, assim o aumento da tensão máxima. Logo, com a adição de 1% de NF demonstrou queda na tensão máxima de 13,1%, ou seja, houve redução de 2,9 MPa. Isto pode ter ocorrido devido à partícula de NF apresentar pouca ou nenhuma compatibilidade com a matriz de PP.

Gráfico 3 – Resultado do módulo de elasticidade para o PP puro e as formulações com 1% de CA e NF

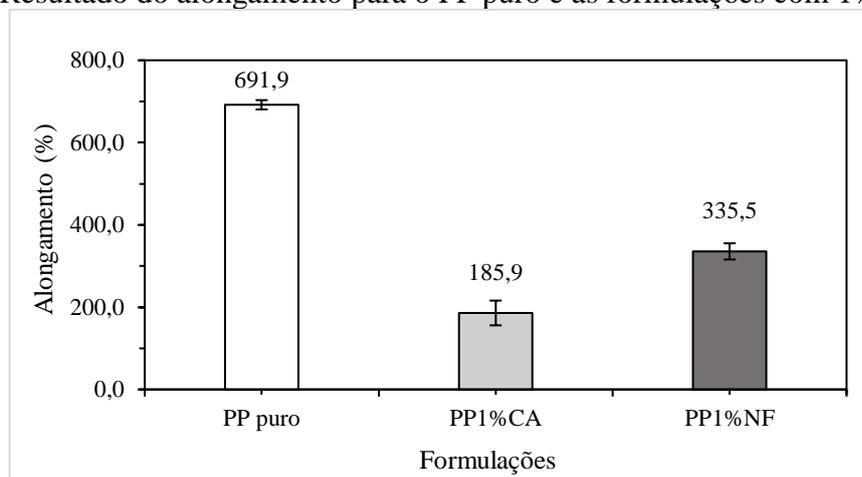


Fonte: elaborado pelos autores

O módulo de elasticidade é a resistência à deformação na zona elástica; com a adição de CA, o módulo de elasticidade diminuiu aproximadamente 6,6%, ou seja, 41,9 MPa,

isto indica que a partícula de CA não apresentou compatibilidade com a matriz de PP. A adição de negro de fumo apresentou resultados de módulo de elasticidade ainda menor, de aproximadamente 20,7%, ou seja, de 130,6 MPa. Este fenômeno ocorreu devido à falta de compatibilidade entre a matriz e a partícula de NF, o que agiu como um concentrador de tensão, fazendo com que o material necessite de menor energia para a sofrer a mesma deformação.

Gráfico 4 – Resultado do alongamento para o PP puro e as formulações com 1% de CA e NF



Fonte: elaborado pelos autores

Na análise dos resultados de alongamento, é possível notar que esta propriedade foi fortemente afetada pela adição de ambas partículas de CA e de NF. Comparando o composto com 1% de CA com o PP puro, é evidente que o alongamento diminuiu cerca de 73%, o que leva a crer que as partículas de CA agiu como concentrador de tensão, reduzindo o alongamento do composto. Com a adição de NF no PP, o alongamento demonstrou decréscimo de aproximadamente 51,5%, demonstrando que a falta de compatibilidade entre a partícula e o polímero diminui as propriedades sob tração.

3.3 Temperatura de distorção ao calor (HDT)

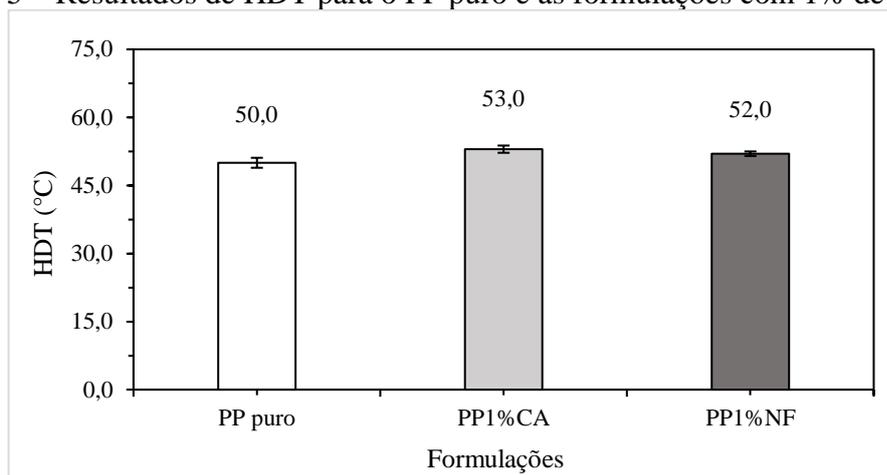
Os resultados de HDT são apresentados e dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados de HDT para o PP puro e as formulações com 1% de CA e NF

Formulações	Temperatura (°C)
PP puro	50,0±1,1
PP1%CA	53,0±0,8
PP1%NF	52,0±0,5

Fonte: elaborada pelos autores

Gráfico 5 – Resultados de HDT para o PP puro e as formulações com 1% de CA e NF



Fonte: elaborado pelos autores

Os resultados do Gráfico 5 demonstram a temperatura de distorção ao calor (HDT), onde é possível verificar que a adição de carvão ativado no PP aumentou cerca de 6% a estabilidade térmica do polímero. Resultado semelhante foi apresentado pelo composto com 1% de negro de fumo que aumentou 4%. Estes resultados indicam que a adição de 1% de CA ou NF aumentam levemente a estabilidade ao calor do polímero.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados de dureza Shore D não apresentaram diferença considerável entre o PP puro e os formulações contendo 1% de CA e 1% de NF. A adição de partículas como a de NF e de CA diminui o módulo de elasticidade e o alongamento dos compostos, porém a tensão máxima no escoamento, é aumentada para o PP com 1% de CA. Os resultados de temperatura de distorção ao calor (HDT), aponta que adição de carvão ativado no PP aumentou cerca de 6% (CA) e 4% (NF) a estabilidade térmica do polímero. As propriedades inferiores dos compostos foram, provavelmente, devido à falta de compatibilização da matriz com as cargas adicionadas. Com a aplicação de tensão, não ocorreu a transferência de tensão da matriz para as cargas que, além de tudo atuaram como concentradores de tensão, diminuindo as propriedades mecânicas. No entanto, os resultados obtidos neste estudo mostram que é possível substituir o negro de fumo pelo carvão ativado dependendo da aplicação do PP.



REFERÊNCIAS

CALHOUN, A. Polypropylene. In: **Multilayer Flexible Packaging**. 2. ed. 2016. p. 35-45.

CINTI, S. et al. Novel carbon black-cobalt phthalocyanine nanocomposite as sensing platform to detect organophosphorus pollutants at screen-printed electrode. **Electrochimica Acta**, v. 188, p. 574-581, 2016.

NUNES E. C. D.; SANTOS L. J., **Termoplásticos: estruturas, propriedades e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2015.

NUNES, E. C. D.; BABETO, A. S.; AGNELLI, J. A. M. Correlação entre o comportamento termooxidativo do polipropileno (PP) e do polietileno de baixa densidade (PEBD) e o tipo de tratamento superficial do negro de fumo. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, Abr/Jun – 1997.

PEREIRA, E. et al. Preparação de carvão ativado em baixas temperaturas de carbonização a partir de rejeitos de café: utilização de FeCl_3 como agente ativante. **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1296-1300, 2008.

RAMOS, P. H. et al. Produção e caracterização de carvão ativado produzido a partir do defeito preto, verde, ardido (PVA) do café. **Quim. Nova**, v. 32, n. 5, p. 1139-1143, 2009.