

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO PLASMA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE NANOCOMPÓSITOS DE POLIETILENO VERDE E ARGILA VERMICULITA TRATADOS POR PLASMA

DA CONCEIÇÃO, Isaías Damasceno^{1M}; DA SILVA, Lucas Rafael Carneiro^{2G}; SIQUEIRA, Danilo Diniz^{3D}; ALVES, Tatianny Soares^{4D}; BARBOSA, Renata^{5D}; DE SOUSA, Rômulo Ribeiro Magalhães^{6D}

¹ Universidade Federal do Piauí, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais, UFPI, Teresina, Piauí, isax12@hotmail.com

² Universidade Federal do Piauí, Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia de Materiais, UFPI, Teresina, Piauí, lracs.carneiro@gmail.com

³ Universidade Federal de Campina Grande, Doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais, UFCG, Campina Grande, Paraíba, danilodinizsiqueira@gmail.com

⁴ Universidade Federal do Piauí, Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais, UFPI, Teresina, Piauí, tsaeng3@yahoo.com.br

⁵ Universidade Federal do Piauí, Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais, UFPI, Teresina, Piauí, rrenatabarbosa@yahoo.com

⁶ Universidade Federal do Piauí, Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais, UFPI, Teresina, Piauí, romulorms@gmail.com

RESUMO

O Polietileno (PE) Verde é conhecido por sua biocompatibilidade, biodegradabilidade e por apresentar excelentes propriedades mecânicas. No entanto, possui baixa energia superficial, no qual se torna necessário modificar a superfície do material. Neste trabalho, foi preparado via extrusão plana filmes de PE puro e PE com argila Vermiculita, posteriormente cada sistema foi submetido ao tratamento de sua superfície por plasma: sob atmosfera de O₂, e sob atmosfera de Ar/H₂ e posterior tratamento por plasma de O₂. Os resultados obtidos permitiram concluir que o teste de resistência à tração demonstrou que os filmes de PE puro apresentaram um maior valor em relação ao nanocompósito, possivelmente devido ao surgimento de concentradores de tensão. E com a aplicação do plasma, foi possível verificar uma melhora nessa propriedade. No entanto, em relação ao alongamento, ocorre um aumento com a aplicação da nanocarga, o mesmo efeito ocorre com a aplicação do plasma nas amostras.

PALAVRAS-CHAVE: Propriedades Mecânicas, Plasma, Argila Vermiculita, Polietileno Verde.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da última década, numerosos biopolímeros tiveram grande atenção para aplicações médicas por causa de sua biocompatibilidade, biodegradabilidade e facilidade de processamento.¹ Um exemplo de biopolímero é o PE Verde, produzido a partir de etanol da cana-de-açúcar brasileira, desenvolvido e produzido pela Braskem.

O PE é um polímero semicristalino, no qual o empacotamento da fase cristalina é muito mais apertado e impermeável ao oxigênio.² Além disso, é um dos polímeros mais utilizados para aplicações industriais e médicas devido às suas propriedades favoráveis, como baixa densidade, alta flexibilidade, altas resistências à tração e química, possui facilidade de processamento, é reciclável e de baixo custo. No entanto, a baixa energia superficial do polímero, em particular uma baixa proporção de regiões polares, bem como a falta de grupos funcionais na sua superfície, conduz a uma adesão incompleta e a uma fraca reatividade química.³

Os nanocompósitos são formados pela inserção de cargas inorgânicas com tamanho nanométrico em polímeros.⁴ A argila vermiculita é um filossilicato com estrutura de camada 2:1 e possui fórmula química $(Mg, Ca)_{0.3-0.45}(H_2O)_n\{(Mg, Fe, Al)_3(Al, Si)_4O_{10}(OH)_2\}$. Neste sentido, a inserção da Argila Vermiculita Expandida no PE pode contribuir para a diminuição de custos e melhora propriedades mecânicas, além disso, segundo autores, também pode ser um suporte ideal para carregar metais e preparar materiais antimicrobianos.⁵

Para numerosas aplicações, onde é essencial uma elevada energia superficial, torna-se necessário modificar a superfície dos nanocompósitos.⁶ Neste sentido, um biomaterial ideal para aplicações médicas deve ser não tóxico, biocompatível e promover interações celulares para o desenvolvimento de tecidos, com

propriedades mecânicas e físicas adequadas.¹ O aumento da energia superficial pode ser realizado por tratamento com plasma.⁶

O tratamento com plasma permite o aumento de energia superficial, criação de grupos funcionais específicos na superfície tratada, modificação da dureza, rugosidade e grau de reticulação da camada superficial de polímeros.⁶

Perante o exposto, este trabalho tem como objetivo preparar via extrusão plana filmes de PE Verde e, posteriormente, realizar o tratamento de sua superfície por plasma de duas maneiras distintas: sob atmosfera de Oxigênio (O₂) (Procedimento 1); e sob atmosfera da mistura de Argônio/Hidrogênio (Ar/H₂) e um posterior tratamento por plasma sob atmosfera de O₂ (Procedimento 2). O teste de tração dos filmes foi realizado utilizando as amostras tratadas e não tratadas com plasma.

2. METODOLOGIA

Como matriz polimérica, foi empregado o PE Verde (PEV) de *grade* SGM9450F adquirido na Braskem. Os nanocompósitos foram obtidos em uma extrusora modelo AX-16 da AX Plásticos com perfil de temperaturas variando entre 200, 205 e 210 °C da primeira à terceira zona, respectivamente, e com velocidade de rosca de 60 rpm. Inicialmente, foi extrudado o PEV puro, logo após, foram acrescentados os percentuais da vermiculita em 1% em relação a massa total, para obter o PEV+1VMT. Posteriormente, o material transformado em *pellets* em um microgranulador.

Para a preparação dos filmes planos foi usado uma matriz plana e rolos cilíndricos de resfriamento, e a temperatura variou da primeira até a terceira zona entre 205, 210 e 180 °C, respectivamente, à 60 rpm. Os filmes tratados por plasma possuem as dimensões de 14 x 16 cm, sendo o equipamento utilizado um reator de fonte de corrente contínua da marca SDS Plasma. A superfície dos filmes foi tratada em duas condições diferentes, na primeira condição empregou-se somente atmosfera de O₂ e na segunda condição ocorreu um pré-*sputtering* sob atmosfera da mistura de Ar/H₂ e, em seguida, foi aplicado o tratamento sob atmosfera de O₂. A Tabela 1 exibe as condições empregadas no tratamento.

Tabela 1. Condições utilizadas na realização dos tratamentos da superfície dos filmes por plasma.

Parâmetros	Pré- <i>Sputtering</i>	Tratamento
Fluxo (cm ³ /min)	10 de Ar e 10 de H ₂	10 de O ₂
Pressão (mBar)	1,3	0,4
Temperatura (°C)	até 60	até 60
Tempo (minutos)	20	10

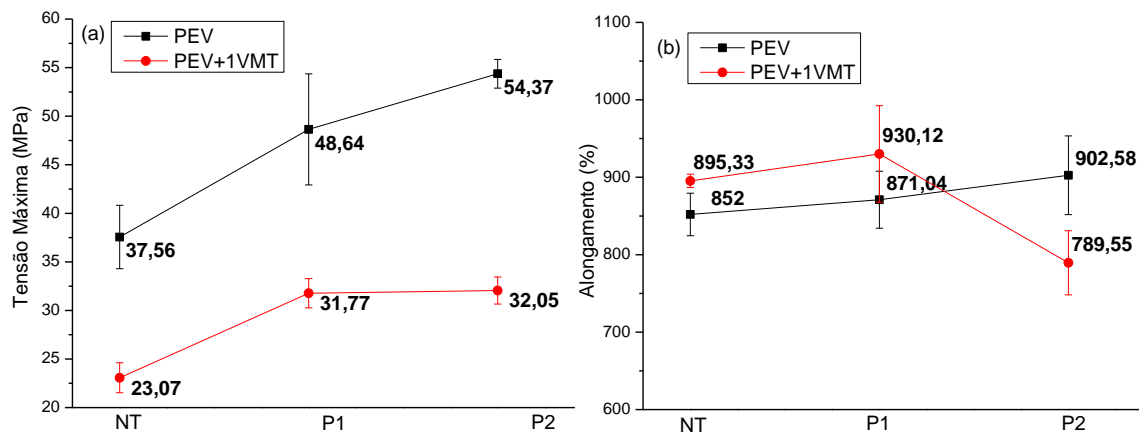
O ensaio de resistência a tração foi realizado em uma Máquina Universal da Emic, modelo DL 1000, com uma célula de carga de 20 kgf, que pertence ao Laboratório de Caracterização de Materiais (LCM) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) na Paraíba. Os ensaios foram realizados segundo a norma ASTM D882-02, foram reportados os resultados médios de 4 corpos de prova: nas dimensões de 10 cm de comprimento por 1 cm de largura; velocidade do travessão de 50 mm/min e separação das garras de 2,5 cm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados de tensão máxima e de alongamento dos filmes Não Tratados, tratados de acordo com o Procedimento 1 (P1) e com o Procedimento 2 (P2).

Pelo gráfico é possível observar que o PEV apresenta maior resistência à tração que o nanocompósito PEV+1VMT, e com a aplicação dos tratamentos por plasma, ocorreu uma tendência de aumento desses valores. Apesar da aplicação da nanocarga provocar uma diminuição dessa propriedade, com o uso do plasma ocorreu um significativo aumento da resistência à tração, com destaque para o P2.

Figura 1. Tensão máxima (a) e Alongamento (b) dos filmes Não Tratados (NT), e tratados de acordo com os Procedimentos 1 e 2.



A diminuição para o nanocompósito ocorre devido à restrição da mobilidade das cadeias poliméricas provocada pela presença de partículas de VMT na matriz de PE Verde.⁷ Em consequência, ocorreu a redução da ductilidade e um comportamento de fratura frágil dos filmes.⁸ Além disso, a adição de partículas de argila a uma matriz polimérica tende a aumentar a rigidez do sistema.⁹

Em relação ao alongamento, foi verificado que para o PEV a aplicação do plasma, tanto para P1 como P2, apresenta um aumento significativo, e com a adição da nanocarga, o alongamento do PEV+1VMT é maior para o NT e para o P1, em relação ao PEV. Porém, quando aplicado o P2, ocorreu uma significativa redução da propriedade de alongamento do filme. Neste processo, pode-se inferir que houve uma quebra de ligações de na superfície polimérica, e consequentemente, provocaram significativas alterações nas propriedades mecânicas de alongamento dos filmes.¹⁰

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto, conclui-se que o teste de resistência à tração demonstrou que os filmes de PE puro apresentaram uma maior resistência à tração e que o nanocompósito possui um valor inferior devido ao surgimento de concentradores de tensão. Com a aplicação do plasma, foi possível verificar um aumento da resistência à tração nas amostras, evidenciando uma melhoria nessa propriedade do material. No entanto, em relação ao alongamento, ocorre um aumento dessa propriedade com a aplicação da nanocarga. O mesmo efeito ocorre com a aplicação do plasma nas amostras, exceto para a aplicação de P2.

Agradecimentos

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro, à Universidade Federal do Piauí (UFPI), ao Laboratório de Polímeros e Materiais Conjugados (LAPCON-UFPI) e ao Laboratório de Plasma (LABPLASMA-UFPI).

5. REFERÊNCIAS

1. S. B. Park; E. Lih; K. S. Park; Y. K. Joung; D. K. Han *Progress in Polymer Science*, 2017, 68, 77-105.
2. N. M. Stark, L. M. Matuana *Polymer Degradation and Stability*, 2004, 86, 1-9.
3. H. Drnovská; L. Lapčík; V. Buršíková; J. Zemek; A. M. Barros-Timmons *Colloid and Polymer Science*, 2003, 281, 1025-1033.
4. N. Célini; F. Bergaya; F. Poncin-Epaillard *Polymer*, 2007, 48, 58-67.
5. J. Drelich; B. Li; P. Bowen; J. Y. Hwang; O. Mills; D. Hoffman *Applied Surface Science*, 2011, 257, 9435-9443.
6. D. Hana; C. Jan; C. Mirko; S. Pavel *composites*, 2015, 2, 3.
7. R. S. Chen; S. Ahmad; S. Gan; M. H. A. Ghani; M. N. *Journal of Applied Polymer Science*, 2015, 132, 1-9.
8. A. Almansoori; C. Majewski; C. Rodenburg *JOM*, 2017, 29, 2278-2285.
9. H. Essabir; R. Boujmal; M. O. Bensalah; D. Rodrigue; R. Bouhfid; A. Qaiss. *Mechanics of Materials*, 2016, 98, 36-43.
10. C. M. Chan; T. M. Ko; H. Hiraoka *Surface science reports*, 1996, 24, 1-54.