# AVALIAÇÃO DA ENERGIA DE SUPERFÍCIE EM SISTEMAS TERCIÁRIOS DE BLENDAS POLIMÉRICAS E PARTÍCULAS CONDUTORAS

Ermelinda Silvana Junckes [1], Daniel Felipe Pietezak[1], Fábio Andrés Silva Vega[2], Carla Dalmolin[3], Daniela Becker[4]

[1] Acadêmica do Curso de Licenciatura em Química CCT - bolsista PIBIC/CNPq.
[2] Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais CCT.
[3] Orientador, Departamento de Química CCT – carla.dalmolin@udesc.br.
4 Orientador, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas CCT – daniela.becker@udesc.br.

Palavras-chave: Blendas Poliméricas, Energia de superfície, Sistemas terciários, Polianilina, Nanotubos de Carbono.

Diante do grande potencial de aplicação tecnológica dos polímeros no cotidiano e também por muitos materiais não apresentarem todas as propriedades desejadas, recorre-se à combinação de diferentes compostos a fim de formar uma mistura onde suas propriedades sejam complementares. A produção de um material multifuncional, caracterizado por um sistema híbrido ternário composto por dois polímeros de estrutura co-contínua e uma nanopartícula é uma estratégia para conferir propriedades como a condutividade elétrica em todo o volume do material, mas restringindo a posição da partícula condutora em apenas uma fase. Assim, as nanopartículas possuem um caminho para percolar as propriedades elétricas.

Para tal utilizou-se uma blenda polimérica de poliestireno (PS) e polimetilmetacrilato (PMMA) nas proporções 50/50 de cada material e nanopartículas de nanotubo de carbono (NTC) e polianilina (PAni). Espera-se que o material adquira a rigidez do PMMA, porém não se apresente tão quebradiço, com a adição do PS à blenda, ou seja, torne-se mais resistente. Por outro lado, as cargas de NTC ou PAni introduzem no material a capacidade de conduzir eletricidade. A proporção 50/50 entre os dois polímeros principais foi adotada por apresentar morfologia mais próxima à co-contínua, assim as nanopartículas possuem um caminho para percolar as propriedades térmicas e elétricas no material. As blendas foram obtidas através do método de intercalação no estado fundido, utilizando um reômetro de torque Thermo Scientific Haake Reomix 600, à 180ºC, 100 rpm, durante 10 minutos. Em seguidas foram moídas e prensadas obtendo-se filmes finos de blenda de PMMA/PS/NTC e PMMA/PS/Pani. Estes filmes foram caracterizados através do ângulo de contato com um goniômetro e-hart Ram, aplicando-se 3 gotas de água deionizada e diiodometano. Também foram produzidas pastilhas de cada blenda, que passaram por processo de quebra criogênica e corte para análise da morfologia através de microscopia eletrônica de varredura.

Através dos dados do goniômetro obteve-se as tensões interfaciais entre o PS e o PMMA e entre cada polímero e a nanopartícula do filme em questão. Segundo FENOUILLOT et al (2009) as nanopartículas tem tendência de migrarem para a fase com menor tensão interfacial afim de

diminuir a energia livre do sistema. Com as tensões interfaciais foi possível calcular os valores do coeficiente de molhabilidade para cada filme, utilizando a equação de Young da Equação 1.

$$\omega_{12} = \frac{\gamma_{s1} - \gamma_{s2}}{\gamma_{12}} \qquad \text{Equação 1}$$

Onde $\gamma_{s1}$ e $\gamma_{s2}$ são as tensões interfaciais entre as nanopartículas e as fases poliméricas e $\gamma_{12}$ é a tensão interfacial entre o PS e o PMMA. Tabela 1 apresenta os valores das tensões interfaciais e o coeficiente de molhabilidade de cada filme.

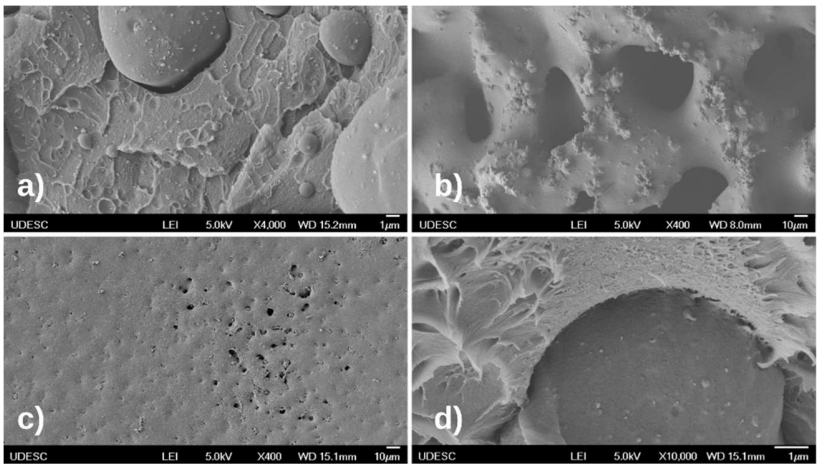
**Fig. 1** *Tabela de tensões interfaciais e coeficientes de molhabilidade*

| **Tensões interfaciais (mN.m$^{-1}$)** | | **Coeficiente de Molhabilidade $\omega_{12}$ (mN.m$^{-1}$)** | |
|---|---|---|---|
| **PS/PMMA ($\gamma_{12}$)** | 1,9 | | |
| **PS/NTCPM ($\gamma_{s1}$)** | 28,78 | PMMA/PS/ NTCPM | 4,10 |
| **PS/PAni ($\gamma_{s1}$)** | 23,25 | | |
| **PMMA/NTCPM ($\gamma_{s1}$)** | 20,98 | PMMA/PS/ PAni | 4,59 |
| **PMMA/PAni ($\gamma_{s1}$)** | 14,52 | | |

Fonte: A autora (2019).

Tanto no caso do filme de PMMA/PSNTCPM quanto no filme de PMMA/PS/PAni o coeficiente de molhabilidade, $\omega_{12}$, são maiores que 1, o que indica que as nanopartículas estão presentes na fase do polímero 1, o PS. As imagens de microscopia de varredura indicam esse comportamento para o filme com Pani, mas o filme com NCT mostra uma preferência pela fase do PMMA. Esse resultado indica que, para o caso de compósitos com NTC, há um efeito cinético que influencia a dispersão da nanopartícula na matriz polimérica.

**Fig. 2** *Imagens de MEV a) da blenda PS/PMMA/PAni sem tratamento de extração; b ) da blenda PS/PMMA/PAni com a fase de PMMA extraída; c) da blenda PS/PMMA/NTCPM sem tratamento de extração; d ) da blenda PS/PMMA/NTCPM com a fase de PMMA extraída.*




Fonte: A autora (2019).