



Análise térmica e espectroscópica do nanocompósito GO@PANI 1:1 visando aplicações em dispositivos avançados



*Daniel L. Mercini(TC)^{2,4}, Matheus H. C. Braga(PG)^{1,3}, Augusto C. C. Duarte(TC)^{2,4}, Nathalia D. R. Calado(TQ)^{2,4}, Hállen D. R. Calado(PQ)^{1,2}, Claudinei R. Calado (PQ)³

¹Centro de Tecnologia em Nanomateriais e Grafeno, CTNano/UFGM, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31310-260;

²Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, UFGM, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31270-901;

³Departamento de engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Belo Horizonte, MG, Brasil, 30480-000

⁴Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

INSTITUIÇÃO DE REALIZAÇÃO: DEPARTAMENTO DE QUÍMICA DA UFGM

E-MAIL DO AUTOR: dancas897@gmail.com, hallendaniel@ufmg.br, matheus.braga@ctnano.org, crc@yahoo.com.br

RESUMO DO TRABALHO

Nanohíbridos à base de óxido de grafeno (GO) e polianilina (PANI) têm despertado interesse devido às suas propriedades sinérgicas e potencial para diversas aplicações tecnológicas. Neste trabalho, foi sintetizado e caracterizado o compósito GO@PANI 1:1, cujas análises por TG/DTG, FTIR e UV-Vis evidenciaram interações moleculares entre as fases, resultando em melhorias nas propriedades térmicas, ópticas e eletrônicas do material. Tais características tornam o compósito promissor para uso em sensores e dispositivos nanoeletrônicos.

Palavras chaves: Nanohíbrido, FTIR, TG, UV-Vis, GO, PANI, Físico-químico, compositro, Caracterização.

Introdução

Nanohíbridos como o compósito GO@PANI destacam-se por combinar as propriedades do óxido de grafeno (GO)¹, com seus grupos oxigenados reativos³, e da polianilina (PANI)², com sua condutividade ajustável assim se espera que o híbrido apresente boa condutividade elétrica e térmica, alta área superficial, estabilidade térmica e estável a condições ambientais. Este trabalho caracterizou GO, PANI e seu compósito na proporção 1:1 na proporção mássica através de TG/DTG (estabilidade térmica), FTIR (grupos funcionais) e UV-Vis (propriedades ópticas)³, visando estudar as interações e sinergias do material híbrido.

Experimental

O estudo empregou diferentes técnicas para caracterizar os materiais sintetizados. Usamos O óxido de grafeno (GO), obtido de uma empresa parceira, polianilina (PANI) sintetizado à base de HCl² e o composto híbrido GO@PANI 50%, preparado por mistura homogênea de partes iguais (50% em massa) de ambos os materiais sob agitação controlada. As análises termogravimétricas (TG/DTG) foram realizadas sob atmosfera controlada de ar sintético, com aquecimento de 25°C a 900°C aquecidas em um cadinho com taxa de 5°C/min, avaliando a estabilidade térmica e os eventos de degradações químicas das substâncias. A espectroscopia no infravermelho (FTIR) na faixa de 4000-400 cm⁻¹ usamos a fonte da radiação infravermelho direcionado na amostra, um monocromador e um detector que detecta as variações na intensidade da luz absorvida pela amostra em diferentes comprimentos de ondas, identificando assim a presença de grupos funcionais³ e a estrutura da molécula⁵. E por último, a espectrometria UV-Vis de 200-700 nm⁶ em dispersões aquosas revelando as propriedades ópticas³⁻⁶ dos materiais. Esta abordagem proporcionou uma caracterização de algumas das propriedades físico-químicas³ do compósito, quais.

Resultados e Discussão

Resultados da Termogravimetria(TG e DTG):

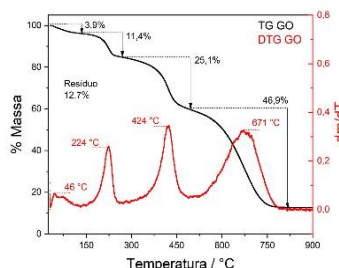


Figura 1- TG (GO)

a PANI exibiu comportamento similar, com perdas na remoção de umidade e solventes residuais(6,8%), oligômeros e dopantes(26%), degradação estrutural (53,5%) e decomposição final (12%)².

Na análise do gráfico do GO apresentou quatro estágios de degradação: perda de água (3,9%), decomposição de grupos oxigenados (11,4%), degradação de outros grupos funcionais (25,1%) e quebra da estrutura carbônica (46,9% entre 600-750°C)¹.

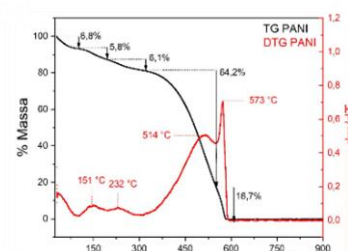


Figura 2- TG (PANI)

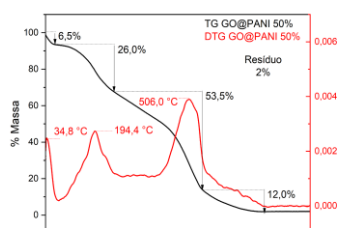


Figura 3- TG (GO@PANI)

Já o compósito GO@PANI 50% mostrou picos em 34,8°C, 194,4°C e 506°C, com perda total de 64,2%, evidenciando interações entre os componentes e formação de um material híbrido com estabilidade térmica modificada⁴.



Resultados da espectroscopia no infravermelho (FTIR)

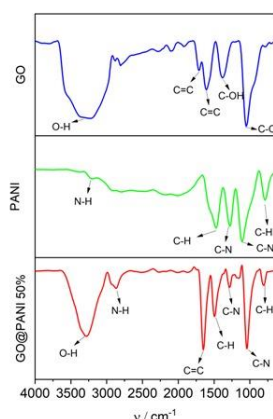


Figura 4- FTIR

Na amostra de GO foram observadas bandas⁵ em $\sim 3400\text{ cm}^{-1}$ (O-H), $\sim 1720\text{ cm}^{-1}$ (C=O), e entre $1220\text{--}1050\text{ cm}^{-1}$ (C-O e C-OH), características dos grupos oxigenados e na banda de $\sim 1620\text{ cm}^{-1}$ (C=C) presença de anéis aromáticos¹. Na PANI, destacaram-se bandas de N-H ($\sim 3400\text{ cm}^{-1}$), C-H aromático, e bandas em 1570 cm^{-1} , 1300 cm^{-1} e 1140 cm^{-1} relacionadas às ligações C=N e C-N. O espectro do GO@PANI 50% revelou a presença de todas as bandas relevantes de GO e PANI, com alterações nas intensidades e deslocamentos das bandas, sugerindo interação $\pi \rightarrow \pi^*$ entre os materiais e a formação de novo composto com características e presença de grupos funcionais da interação do GO e do PANI³⁻⁶.

Resultados da espectrometria UV-VIS

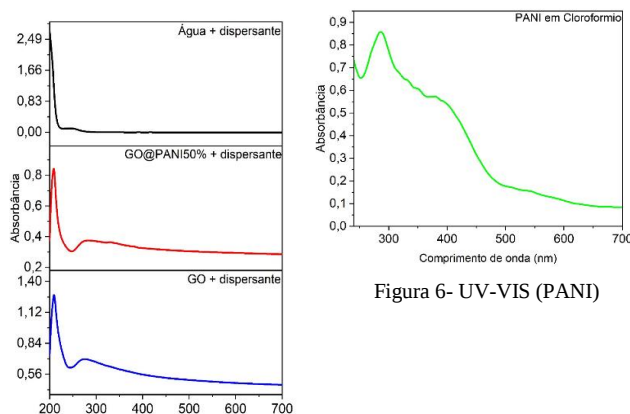


Figura 5- UV-VIS

Na análise do gráfico, GO apresentou uma banda mais intensa em $\sim 230\text{ nm}$ ($\pi \rightarrow \pi$ aromáticos) e ombro em $\sim 300\text{ nm}$ ($n \rightarrow \pi$ C=O), típicos de sua estrutura oxidada. Já a PANI exibiu uma banda mais intensa em $\sim 350\text{ nm}$ ($\pi \rightarrow \pi^*$ benzênicos), ombro em $\sim 400\text{--}450\text{ nm}$ (transições polarônicas) e banda acima de 500 nm (forma dopada usando clorofórmio para manter a condutividade (esmeraldina)² e devido a sua capacidade de solubilização e baixa interferência no espectro. O GO@PANI 50% apresentou uma banda mais intensa em $\sim 230\text{--}250\text{ nm}$ com ombro até $\sim 400\text{ nm}$, confirmando maior conjugação eletrônica³ indicando propriedades híbridas³ vinda da interação com o GO com a PANI. Sendo o espectro da água com dispersante foi coerente com a literatura⁶.

Conclusões

Análises termogravimétricas (TG/DTG), espectroscópicas (FTIR) e eletrônicas (UV-Vis) confirmaram a formação eficiente do compósito GO@PANI 50%, evidenciando interações sinérgicas entre óxido de grafeno (GO) e polianilina (PANI). A TG/DTG mostrou um comportamento térmico distinto, com picos de degradação em $34,8^\circ\text{C}$, $194,4^\circ\text{C}$ e 506°C e perda de massa de $64,2\%$, indicando estabilização térmica modificada⁴. O FTIR revelou a coexistência de grupos funcionais do GO (O-H, C=O) e da PANI (N-H, C=N), com deslocamentos de banda sugerindo interações $\pi \rightarrow \pi^*$ e ligações de hidrogênio⁵. O UV-Vis exibiu maior absorção em $230\text{--}400\text{ nm}$, refletindo aumento na conjugação eletrônica⁶. Esses resultados comprovam que o compósito não é uma simples mistura, mas um material com propriedades moduladas por interações químicas³, sendo promissor para sensores, revestimentos e dispositivos eletrônicos flexíveis. Estudos futuros podem otimizar a proporção GO/PANI e avaliar propriedades elétricas³⁻⁶.

Agradecimentos:



Referências

1. Stankovich, S., Dikin, D., Dommett, G. et al. Materiais compósitos à base de grafeno. *Nature* 442, 282–286 (2006). <https://doi.org/10.1038/nature04969>
2. Reinaldo T. Z. Dr. Valmir A. C.; Polianilina: Síntese, Filmes, dopagem e condução DC; São Carlos- São Paulo 1999
3. Tânia O. C.; Carlos B. G. Koehler; Carlos A. L. Filgueiras; A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula; 2009 <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000200045>
4. Cecilia R. M. Leiva; Paula M. Crnkovic; Antonio M. Santos The employment of thermogravimetry to determine activation energy in the combustion process of fuel oils 2006 <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000500010>
5. Maria C. Evora; Odair L. González; Rita C.L. Dutra; Milton F. Diniz; A Comparison of Transmission, Reflection and Photoacoustic FTIR Techniques in the Analysis of Recycled and Irradiated Polyamide-6 2002 <https://doi.org/10.1590/S0104-14282002000100013>
6. Maria S. M. Quintino; Waldemar P. Oliveira Filho; Fábio S. Vinhado; Warley G. Santos; Rapid spectrophotometric differentiation between palm oil biodiesel and red dye added to diesel fuel 2017 <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170044>