



International Conference for
Academia and Industry Co-operation

20/11/2023 – 24/11/2023

São Luis - Maranhão - Brasil



International Meeting in Materials
Science and Engineering of Maranhão

SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS NA PRODUÇÃO DE TINTAS

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND APPLICATION OF NANOPARTICLES IN PAINT PRODUCTION

Matheus S. Teixeira^{1*}, Juliana S. do Nascimento², Francisco M. Lima³, Daniel de C. Girão⁴, Iêda N. S. Montenegro⁵, Pierre B. A. Fachine⁶, Walney S. Araújo⁷, Janáina S. Rocha⁸.

1 - Graduando em Engenharia Metalúrgica, Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará – NUTEC;

2 - Doutoranda em Química, Universidade Federal do Ceará - UFC;

3 - Doutor em Engenharia e Ciências de Materiais - NUTEC;

4 - Doutor em Engenharia e Ciências de Materiais - NUTEC;

5 - Doutora em Química - NUTEC;

6 - Professor Doutor em Química e Coordenador do Grupo de Química de Materiais Avançados - GQMAT - UFC;

7 - Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Ceará, 60440-900 Fortaleza, CE, Brasil

8 - Doutora em Engenharia e Ciências de Materiais e Coordenadora do Grupo de Nanotecnologia e Materiais Avançados - NANOMAT - NUTEC.

matheusegundo@alu.ufc.br

RESUMO

A aplicação de nanopartículas vem se tornando uma tendência crescente na pesquisa científica e na indústria devido à sua capacidade de oferecer soluções inovadoras em diversas áreas. O óxido de grafeno se destaca como um nanomaterial promissor em razão de possuir características especiais, incluindo uma rota sintética simplificada e maior solubilidade em comparação ao grafeno puro. Diversas pesquisas visam explorar aplicações desse material, notadamente na indústria de tintas. Nesse contexto, esse trabalho surge com a proposta de produzir uma tinta nanotecnológica utilizando nanopartículas de óxido de grafeno. O óxido de grafeno foi produzido em laboratório utilizando o método de Hummers modificado. O nanomaterial, após produzido, foi caracterizado por meio das técnicas de Espectroscopia Raman, Espectroscopia vibracional na região do infravermelho com transformada de Fourier e Difração de Raios-X. Através da caracterização estrutural foi constatada a obtenção do óxido de grafeno e a partir de então, seguiu-se o processo de produção da tinta. A caracterização da tinta encontra-se em estágio de desenvolvimento, mas indica resultados promissores, pois o óxido de grafeno apresenta propriedades notáveis que têm o potencial de aprimoramento de tintas, especialmente em termos de rendimento, durabilidade e proteção contra corrosão.

Palavras-chave: Tintas, Nanopartículas, Óxido de Grafeno, Síntese.

ABSTRACT

The application of nanoparticles has become a growing trend in scientific research and industry due to their ability to offer innovative solutions in various areas. Graphene oxide stands out as a promising nanomaterial due to its special characteristics, including a simplified synthetic route and greater solubility compared to pure graphene. Several researches aim to explore applications of this material, notably in the paint industry. In this context, this work comes with the proposal to produce a nanotechnological paint using graphene oxide nanoparticles. Graphene oxide was produced in the laboratory using the modified Hummers method. The nanomaterial, after being produced, was characterized using the techniques of Raman Spectroscopy, Vibrational Spectroscopy in the infrared region with Fourier transform and X-ray Diffraction. Through structural characterization, graphene oxide was obtained and from then on, the paint production process followed. Characterization of the paint is in the development stage, but indicates promising results, as graphene oxide presents remarkable properties that have the potential to improve paints, especially in terms of performance, durability and corrosion protection.

Keywords: *Paints, Nanoparticles, Graphene Oxide, Synthesis.*

INTRODUÇÃO

O processo de produção de tintas e vernizes tem ganhado destaque crescente, principalmente, devido à gama de aplicações e aos processos tecnológicos envolvidos. Atualmente, as tintas estão presentes no dia a dia de diferentes maneiras e, não desempenham apenas funções estéticas, mas também apresentam propriedades essenciais para a indústria e população em geral, como por exemplo as tintas bactericidas utilizadas em hospitais, as tintas antimofos utilizadas em quartos de crianças, tintas laváveis utilizadas na indústria, entre outros.

Quando avaliamos o custo em relação aos benefícios, as tintas provavelmente representam o produto industrial mais eficaz em nosso mundo. Por exemplo, uma camada de tinta com 75 μm de espessura representa apenas 0,8% do valor total de um carro médio, mas desempenha um papel essencial na proteção contra a corrosão, proporciona cor e um visual atraente. Mesmo uma camada de tinta com a espessura de um décimo de um fio de cabelo humano pode proteger uma lata de alimento contra a corrosão, preservar o sabor, e dar um toque estético à embalagem, tudo isso a um custo insignificante, que não ultrapassa 0,4% do preço total de venda ao consumidor da lata e seu conteúdo [1]. Dessa forma, fica bastante evidente a importância do investimento na produção de tintas e vernizes que sejam, cada vez mais, tecnológicos, baratos e não tóxicos, de modo que possam ser aplicados em diferentes vertentes, buscando sempre atender a demandas da população e da indústria.

O Estado do Ceará, apresenta um litoral bastante extenso (573 km de extensão), com paisagens bastante diversificadas. Contudo, tanto a indústria local quanto a população de modo geral, sofrem com os efeitos indesejados da corrosão. Segundo [2], a região litorânea da capital cearense apresenta um valor de salinidade acima da média, motivado principalmente pelo os ventos alísios, devido a isso, tornou-se frequente a troca de eletrodomésticos e equipamentos industriais por conta desse fenômeno. Assim, passou a existir uma demanda urgente por tintas anticorrosivas que fossem capazes de retardar ou inibir este efeito.

Nesse contexto, surgiu o interesse do Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC) em parceria com a Universidade Federal do Ceará, de produzir tintas nanoestruturadas com óxido de grafeno para amenizar os efeitos provocados pelo alto índice de corrosão no estado.

O grafeno, uma camada bidimensional composta por átomos de carbono com uma espessura de apenas um átomo, é um material de grande interesse em diversas aplicações. Estudos revelaram que essas camadas, com uma estrutura em formato de favo de mel, conferiram notável resistência à corrosão a uma gama de revestimentos. A estrutura do grafeno encontra-se evidenciada na Figura 1.

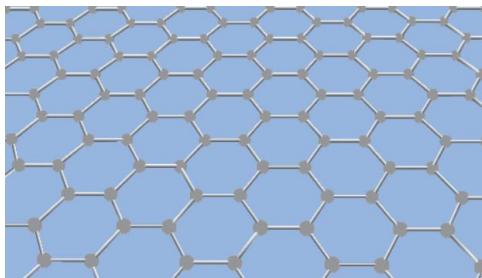


Figura 1 - Estrutura de uma camada de grafeno (esquemática) [3].

O mecanismo proposto mais provável para as propriedades anticorrosivas do grafeno e seus derivados baseia-se no seu efeito de barreira física semelhante a um labirinto, que impede que elementos corrosivos penetrem na superfície dos metais revestidos [4]. A utilização do óxido de grafeno em tintas representa um exemplo fascinante da evolução da tecnologia de revestimentos e tintas, ampliando ainda mais o alcance das inovações nesse campo.

Essa nanopartícula apresenta características interessantes como rota sintética simples e maior solubilidade quando comparado ao grafeno puro, pois pode ser produzido a partir do grafite, que é um material relativamente abundante e barato. Atualmente, com a introdução do óxido de grafeno, as tintas estão buscando alcançar um nível de desempenho e inovações ainda mais notáveis, abrindo portas para aplicações inovadoras e surpreendentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Síntese do óxido de grafeno

As nanopartículas de óxido de grafeno foram sintetizadas usando o método de Hummers modificado. Esse procedimento envolve a oxidação do grafite por meio da utilização de um agente oxidante em meio ácido. Para realizar a síntese, foi necessário dissolver grafite e nitrato de sódio (NaNO_3) em ácido sulfúrico (H_2SO_4). A mistura foi mantida sob agitação e em banho de gelo por 60 minutos. Em seguida, foi introduzido permanganato de potássio (KMnO_4) como agente oxidante, e a mistura permaneceu em banho de gelo por mais 60 minutos. Após esse período, a síntese passou por um processo de aquecimento a 40°C , seguido pela adição de água e peróxido de hidrogênio (H_2O_2). A solução foi mantida em aquecimento por 24 horas. Ao término desse processo, a solução foi submetida a centrifugação e lavagem com ácido clorídrico e água até que o pH se tornasse neutro. O material foi então levado a uma estufa para secagem e submetido a um banho ultrassônico. Posteriormente, passou por nova centrifugação e secagem. A Figura 2 apresenta o esquema representativo da síntese do óxido de grafeno.



Figura 2 - Síntese do Óxido de Grafeno[Autor].

Caracterizações estruturais

Após a síntese, o nanomaterial foi caracterizado por meio das técnicas de Espectroscopia Raman, Espectroscopia vibracional na região do infravermelho com transformada de Fourier e Difração de Raios-X.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espectroscopia Raman

A Espectroscopia Raman identificou a presença das bandas G e D. A banda G, normalmente está localizada na região de 1580 cm^{-1} e sua formação ocorre a partir do alongamento das ligações no plano dos carbonos sp^2 . A banda D, por sua vez, é encontrada na região de 1350 cm^{-1} e está associada a desordem ou defeitos na estrutura do óxido de grafeno. No caso do óxido de grafeno produzido neste estudo, a banda G foi observada em 1582 cm^{-1} e a banda D em 1331 cm^{-1} (Figura 3). É possível observar que a banda D, referente aos defeitos presentes na estrutura, ou seja, essa banda está associada a presença de heteroátomos e quebras de simetria da molécula apresenta intensidade não muito baixa. Tal fato indica que o óxido de grafeno produzido nesse estudo possui capacidade de ser funcionalizado.

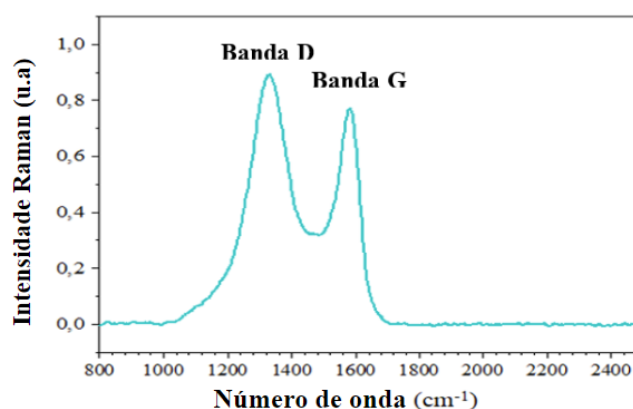


Figura 3 - Espectroscopia Raman[Autor].

Espectroscopia vibracional na região do infravermelho com transformada de Fourier

A partir da Espectroscopia no infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) foi possível identificar a presença de bandas de estiramentos característicos do óxido de grafeno. A Figura 4 apresenta o espectro obtido para o óxido de grafeno.

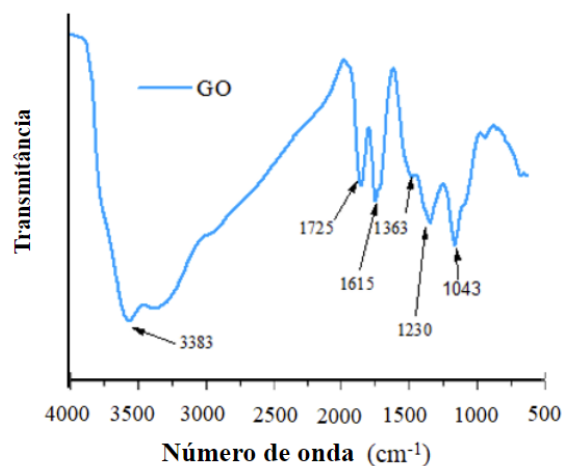


Figura 4 - FTIR do Óxido de Grafeno[Autor].

A partir da Figura 4 é possível identificar as principais bandas localizadas em 3383, 1725, 1615, 1363, 1230 e 1043 cm^{-1} . A banda observada em 3383 cm^{-1} corresponde à vibração de estiramento dos grupos hidroxilas e a banda localizada em 1725 cm^{-1} foi atribuída ao estiramento da ligação $\text{C}=\text{O}$, indicando a presença de ácidos carboxílicos. As bandas em 1615 e 1363 cm^{-1} podem ser atribuídas, respectivamente, aos estiramentos $\text{C}=\text{C}$ e $\text{C}-\text{OH}$, indicando a presença de grupos aromáticos e álcoois. As bandas em 1230 e 1043 cm^{-1} podem indicar a presença de estiramentos referentes a $\text{C}-\text{O}$ e $\text{C}-\text{O}-\text{C}$, indicando a presença de epóxidos [5, 6].

Difração de Raios-X

Por meio da técnica de difração de raios-x foi possível observar a presença de um único pico agudo, localizado em torno de 11° , evidenciado na Figura 5. A presença desse único pico confirma a formação do óxido e a esfoliação das camadas de grafeno [7].

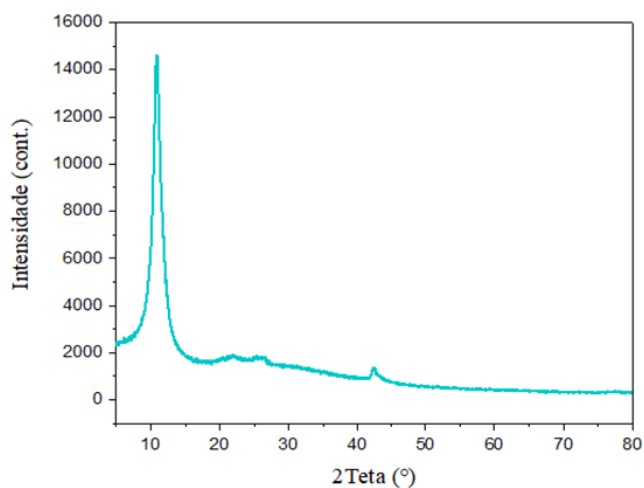


Figura 5 - DRX do Óxido de Grafeno[Autor].

Produção da tinta

Após a caracterização, deu-se início a etapa de inserção das nanopartículas nas tintas disponíveis em laboratório. O óxido de grafeno foi adicionado nas proporções em massa de 3% e 5% em peso. As nanopartículas foram inseridas através do processo de agitação mecânica e após homogeneização, a tinta nanomodificada foi aplicada sobre corpos de prova de concreto que foram produzidos no laboratório de acordo com as normas da ABNT. A Figura 6 apresenta um esquema simplificado da produção da tinta.

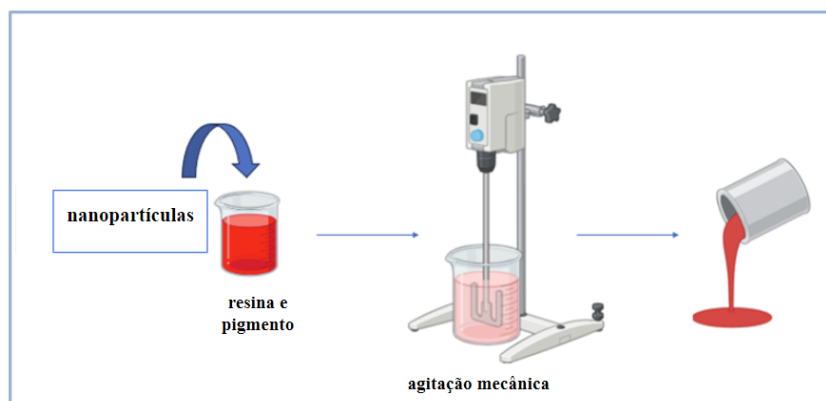


Figura 6 – Produção da tinta [Autor].

Após o tempo de cura, foram realizados ensaios acelerados de radiação UV-B e condensação em uma duração de 152 horas. Um medidor de brilho Zehntner Gloss foi utilizado para medir o brilho das amostras e as medições foram feitas no ângulo de 60° com base na ASTM D523. Nas primeiras 40 horas não houve alteração significativa no brilho, após 80 horas foi observado um aumento do mesmo e após 152 horas foi observado uma diminuição devido a degradação da tinta. A Figura 7 apresenta um gráfico no qual é evidenciado os resultados das análises de brilho.

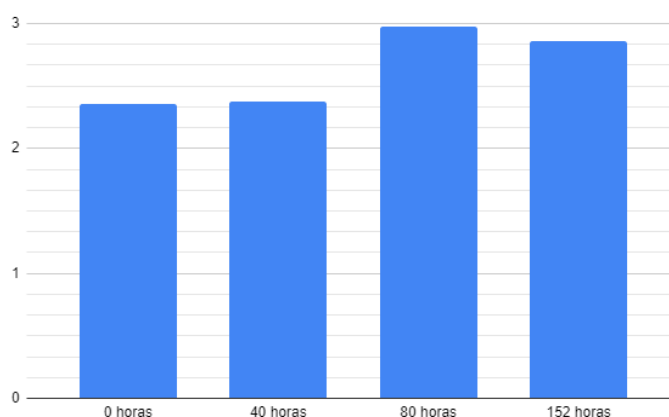


Figura 7 - Evolução das análises de brilho[Autor].

CONCLUSÕES

As propriedades notáveis do óxido de grafeno têm o potencial de melhoria das tintas, em particular em termos de desempenho, durabilidade e sua capacidade de atuar como uma barreira contra a corrosão. Consequentemente, o foco deste estudo é a formulação de uma tinta modificada com nanotecnologia que incorpora óxido de grafeno. Os resultados preliminares, obtidos por meio das técnicas de Espectroscopia Raman, de FTIR e Difração de raios-x, demonstraram resultados consistentes. Com relação ao processo de produção da tinta pode-se afirmar que foi realizado com sucesso, visto que as nanopartículas foram inseridas de modo a formar uma película uniforme, não apresentando aglomerados e nem alteração da cor. Embora as técnicas de caracterização das tintas estejam em fase de desenvolvimento, elas indicam perspectivas promissoras.

AGRADECIMENTOS



REFERÊNCIAS

- [1] FAZENDA, Jorge M. R. TINTAS. Ciências e Tecnologia. 4º. ed. [S. l.]: Editora Edgard Blücher Ltda, 2009.
- [2] ALBUQUERQUE, A. T.; OTOCH, S. Proposta de classificação da agressividade do ambiente na cidade de Fortaleza. 47º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais. pg. 743- 748. Olinda, 2005.
- [3] CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 10º. ed. John Wiley & Sons, Inc., 2020.
- [4] Bohdan Kulyk , Maria A. Freitas , Nuno F. Santos , Farzin Mohseni , Alexandre F. Carvalho , Kiryl Yasakau , António JS Fernandes , Adriana Bernardes , Bruno Figueiredo , Rui Silva , João Tedim & Florinda M. Costa (2022) Uma revisão crítica sobre a produção e aplicação de grafeno e materiais à base de grafeno em revestimentos anticorrosivos, Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences, 47:3, 309-355, DOI:[10.1080/10408436.2021.1886046](https://doi.org/10.1080/10408436.2021.1886046)
- [5] LIU, Hongjuan; ZHOU, Yuancheng; YANG, Yibo; ZOU, Ke; WU, Renjie; XIA, Ke; XIE, Shuibo. Synthesis of polyethylenimine/graphene oxide for the adsorption of U(VI) from aqueous solution. **Applied Surface Science**, [S.L.], v. 471, p. 88-95, mar. 2019.
- [6] CHOI, Hye Yeon; LEE, Tae-Jin; YANG, Gwang-Mo; OH, Jaesur; WON, Jihye; HAN, Jihae; JEONG, Gun-Jae; KIM, Jongpil; KIM, Jin-Hoi; KIM, Byung-Soo. Efficient mRNA delivery with graphene oxide-polyethylenimine for generation of footprint-free human induced pluripotent stem cells. **Journal Of Controlled Release**, [S.L.], v. 235, p. 222-235, ago. 2016.
- [7] BORUAH, Buddha Deka; MISRA, Abha. Polyethylenimine mediated reduced graphene oxide based flexible paper for supercapacitor. **Energy Storage Materials**, [S.L.], v. 5, p. 103-110, out. 2016.