



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102014032577-8 A2

(22) Data do Depósito: 24/12/2014

(43) Data da Publicação: 04/04/2017



* B R 1 0 2 0 1 4 0 3 2 5 7 7 A

(54) Título: USO DE NANOESTRUTURAS DE CARBONO COMO FOTSENSIBILIZADORES EM REAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO

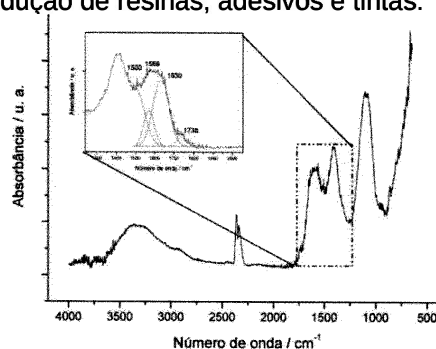
(51) Int. Cl.: C08J 3/12; C08F 212/08; B82Y 30/00

(52) CPC: C08J 3/126; C08F 212/08; B82Y 30/00

(73) Titular(es): FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS FAPEMIG, UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

(72) Inventor(es): JOÃO PAULO DE MESQUITA; FABIANO VARGAS PEREIRA; JUAN PEDRO BRETAS ROA; LARISSA DE ALMEIDA ALVES; ROCHEL MONTERO LAGO; ANA PAULA DE CARVALHO TEIXEIRA

(57) Resumo: USO DE NANOESTRUTURAS DE CARBONO COMO FOTSENSIBILIZADORES EM REAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO A presente invenção descreve o processo de polimerização fotoinduzida utilizando como iniciadores nanoestruturas de carbono, especialmente os pontos quânticos de carbono (CDs), denominados igualmente como Carbon Quantum Dots (CODs) ou carbon dots (CDs). Os CDs mostraram-se efetivos como fotossensibilizadores promovendo a polimerização do polímero modelo, acrilamida. Além da desta função, os CDs podem melhorar significativamente as propriedades dos materiais preparados devidos as suas excelentes propriedades mecânicas e estabilidade química e térmica. Em adição, seu uso é menos danoso ao ambiente frente às tradicionais substâncias utilizadas, uma vez que pode ser obtido por diferentes fontes renováveis, incluindo rejeitos agrícolas. Enfim, a tecnologia apresentada representa uma nova e viável alternativa para fotossensibilizadores usados atualmente, principalmente nos setores relacionados a produção de resinas, adesivos e tintas.



“USO DE NANOESTRUTURAS DE CARBONO COMO FOTOSSENSIBILIZADORES EM REAÇÕES DE POLIMERIZAÇÃO”

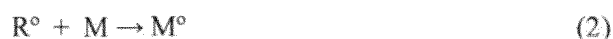
- 1 A presente invenção descreve o processo de polimerização fotoinduzida utilizando como iniciadores nanoestruturas de carbono, especialmente os pontos quânticos de carbono (CDs), denominados igualmente como *carbon Quantum Dots* (CQDs) ou *carbon dots* (CDs).
- 2 Os CDs são uma nova classe de nanopartículas baseadas em carbono, descobertas em 2004 durante a purificação eletroforética de nanotubos de carbono (X. Xu, R. Ray, Y. Gu, H. J. Ploehn, L. Gearheart, K. Raker and W. A. Scrivens, *Journal of the American Chemical Society*, 2004, 126, 12736-12737). Atualmente, os CDs podem ser preparados a partir de diferentes precursores utilizando diferentes metodologias. Destacam-se pela simplicidade, a pirólise, a desidratação ácida e os métodos eletroquímicos (J. C. G. Esteves da Silva and H. M. R. Goncalves, *Trac-Trends in Analytical Chemistry*, 2011, 30, 1327-1336).
- 3 Esses novos materiais têm sido considerados promissores candidatos para o desenvolvimento de uma nova geração de biodispositivos para obtenção de imagem, desenvolvimento de diodos e fotocatalisadores com alta atividade e seletividade (S. Sahu, B. Behera, T. K. Maiti and S. Mohapatra, *Chemical Communications*, 2012, 48, 8835-8837; L. Cao, X. Wang, M. J. Mezziani, F. Lu, H. Wang, P. G. Luo, Y. Lin, B. A. Harruff, L. M. Veca, D. Murray, S.-Y. Xie and Y.-P. Sun, *Journal of the American Chemical Society*, 2007, 129, 11318-11319; S.-T. Yang, X. Wang, H. Wang, F. Lu, P. G. Luo, L. Cao, M. J. Mezziani, J.-H. Liu, Y. Liu, M. Chen, Y. Huang and Y.-P. Sun, *Journal of Physical Chemistry C*, 2009, 113, 18110-18114; S.-T. Yang, L. Cao, P. G. Luo, F. Lu, X. Wang, H. Wang, M. J. Mezziani, Y. Liu, G. Qi and Y.-P. Sun, *Journal of the American Chemical Society*, 2009, 131, 11308; X. Guo, C.-F. Wang, Z.-Y. Yu, L. Chen and S. Chen, *Chemical Communications*, 2012, 48, 2692-2694; H. Li, X. He, Z. Kang, H. Huang, Y. Liu, J. Liu, S. Lian, C. H. A. Tsang, X. Yang and S.-T. Lee, *Angewandte Chemie International Edition*, 2010, 49, 4430-4434; S. N. Baker and G. A. Baker, *Angewandte Chemie International Edition*, 2010, 49, 6726-6744; H. Zhang,

- H. Ming, S. Lian, H. Huang, H. Li, L. Zhang, Y. Liu, Z. Kang and S.-T. Lee, *Dalton Transactions*, 2011, 40, 10822-10825).
- 4 Os CDs apresentam tipicamente tamanhos abaixo de 10nm e exibem fotoluminescência dependente do tamanho (Li, H., et al., *Angewandte Chemie International Edition*, 2010. **49**(26): p. 4430-4434.) e do comprimento de onda de excitação (Li, X., et al. *Chemical Communications*, 2011. **47**(3): p. 932-934.). Por outro lado, alguns autores têm mostrado que a fluorescência é altamente dependente dos grupos superficiais (Xu, Y., et al. *Chemistry-a European Journal*, 2013. **19**(20): p. 6282-6288.).
 - 5 O potencial de aplicação dos CDs está diretamente relacionado com as suas características: i) não sofrem corrosão, ii) fácil preparação, iii) baixo custo, iv) ambientalmente adequados, v) alta absortividade molar vi) capacidade de absorção e emissão ajustáveis desde a região do infravermelho até a região do ultravioleta do espectro eletromagnético e vii) atuam como aceptores ou doadores de elétrons. Todas estas propriedades somam-se as tradicionais propriedades dos materiais de carbono; i) alta área superficial específica e ii) alta estabilidade química e térmica. (H. Li, Z. Kang, Y. Liu e S.-T. Lee, *Journal of Materials Chemistry*, 2012, **22**, 24230-24253; Y.-Q. Zhang, D.-K. Ma, Y. Zhuang, X. Zhang, W. Chen, L.-L. Hong, Q.-X. Yan, K. Yu e S.-M. Huang, *Journal of Materials Chemistry*, 2012, **22**, 16714-16718; Y. Xu, M. Wu, X.-Z. Feng, X.-B. Yin, X.-W. He e Y.-K. Zhang, *Chemistry – A European Journal*, 2013, **19**, 6282-6288; H. Ming, Z. Ma, Y. Liu, K. Pan, H. Yu, F. Wang e Z. Kang, *Dalton Transactions*, 2012, **41**, 9526-9531; H. Yu, H. Zhang, H. Huang, Y. Liu, H. Li, H. Ming e Z. Kang, *New Journal of Chemistry*, 2012, **36**, 1031-1035; A. Safavi, F. Sedaghati, H. Shahbaazi and E. Farjami, *Rsc Advances*, 2012, **2**, 7367-7370; B. Y. Yu and S.-Y. Kwak, *Journal of Materials Chemistry*, 2012, **22**, 8345-8353; J. Wang, S. Sahu, S. K. Sonkar, K. N. Tackett II, K. W. Sun, Y. Liu, H. Maimaiti, P. Anilkumar e Y.-P. Sun, *Rsc Advances*, 2013, **3**, 15604-15607); Wang, X., et al., *Photoinduced electron transfers with carbon dots*. *Chemical Communications*, 2009(25): p. 3774-3776.
 - 6 Dentre estas propriedades, a alta absortividade molar, a capacidade de aceitar e doar elétrons por meio da sua estrutura de bandas e a possibilidade de ajuste da região de

absorção das radiações são características essenciais para o desenvolvimento de uma nova classe de fotossensibilizadores em reações de polimerização.

- 7 A fotopolimerização é tipicamente um processo que transforma um monômero multifuncional em um polímero reticulado por uma reação de cadeia iniciada por espécies reativas (radicais livres ou íons) que são gerados usualmente por irradiação UV (Rodrigues, M.R. and M.G. Neumann. *Polímeros*, 2003. **13**: p. 276-286). Nas últimas duas décadas os procedimentos fotopolimerizáveis tem crescido significativamente devido à ampla gama de áreas dentro da Química de Materiais: resinas fotopolimerizáveis para restaurações odontológicas; lentes de contato produzidas com poli (metacrilato de metila), poli(metacrilato de hidroxietila) ou copolímeros destes com vinilpirrolidona, por meio de polimerização fotoiniciada; uso de tintas, vernizes e adesivos de fotosssecagem rápida, microeletrônica, engenharia de tecidos (*Photopolymerization*. ACS Symposium Series. Vol. 673. 1997: American Chemical Society. 260. Gilbert, A., Current trends in polymer photochemistry. Edited by N. S. Allen, M. Edge, I. R. Bellobono and E. Selli. Prentice Hall Europe, Hemel Hempstead, 1995. pp. x + 382, *Polymer International*, 1996. **41**(2): p. 209-209. Oldring, P.K.T., *Chemistry & Technology for UV & EB Formulation for Coatings, Inks & Paints, Speciality Finishes*1998: Wiley. Bayer, H. and B. Lehner, UV-Induced Polymerization of Highly Filled Epoxy Resins in Microelectronics, in *Radiation Curing of Polymeric Materials*1990, American Chemical Society. p. 412-425. Nguyen, K.T. and J.L. West, *Photopolymerizable hydrogels for tissue engineering applications*. *Biomaterials*, 2002. **23**(22): p. 4307-4314. A técnica apresenta vários atrativos socioeconômicos (Zhang, H., et al. *Dalton Transactions*, 2011. **40**(41): p. 10822-10825) em relação à polimerização térmica. Destacam-se o baixo consumo de energia, decréscimo na geração de poluentes e custos relativos mais baixos. Em adição, permite controle maior sobre todo o processo de polimerização, sem necessidade de controle preciso da temperatura além das taxas altas de polimerização. A fotopolimerização radicalar típica é dividida em três etapas (Rodrigues, M.R. and M.G. Neumann, *Fotopolimerização: princípios e métodos*. *Polímeros*, 2003. **13**: p. 276-286.). Na iniciação ocorre a produção de livres R· após absorção de luz pelo fotoiniciador e ativação do co-iniciador, seguida de adição a uma primeira molécula

de monômero M para produzir as espécies iniciadoras da cadeia, M[•] (radical iniciador ou radical primário) (Eq. 1 e 2). Posteriormente, durante a propagação, ocorrem adições sucessivas de moléculas do monômero M (Eq. 3), que é consumido rapidamente. Por fim, a terminação com a reação bimolecular entre dois macrorradicais (Eq. 4 e 5) (Rodrigues, M.R. and M.G. Neumann, *Fotopolimerização: princípios e métodos*. Polímeros, 2003. **13**: p. 276-286.).



- 8 Como a maioria dos monômeros apresentam baixíssimas absorvidades molares, eles não produzem espécies suficientemente para iniciar a reação quando expostos a luz ultravioleta, de modo que um fotoiniciador deve ser adicionado à formulação. Dessa forma, as características e eficiência do sistema fotoiniciador (fotossensibilizador/co-iniciador) é fundamental no processo de fotopolimerização (Lai, Y.-C. and T. Quinn Edmond, *The Effects of Initiator and Diluent on the Photopolymerization of 2-Hydroxyethyl Methacrylate and on Properties of Hydrogels Obtained*, in *Photopolymerization 1997*, American Chemical Society. p. 35-50.). Dentre os diferentes sistemas descritos destacam-se a camfoquinona e derivados, complexos metálicos, corantes, além de α -dicetonas. Muitos apresentam alto custo de produção, são tóxicos para o ambiente e seres humanos e em muitas vezes de difícil preparação. O sistema camfoquinona/aminas, por exemplo, apresentam baixa solubilidade nas resinas e muitas vezes causam modificação na coloração do material fopolimerizado (H. Salmi, H. Tar, A. Ibrahim, C. Ley and X. Allonas, *European Polymer Journal*, 2013, 49, 2275-2279; P. Xiao, F. Dumur, B. Thanh Tuan, F. Goubard, B. Graff, F. Morlet-Savary, J. P. Fouassier, D. Gigmes and J. Lalevee, *Acs Macro Letters*, 2013, 2, 736-740; C. Bibaut-Renaud, D. Burget, J. P. Fouassier, C. G. Varelas, J. Thomatos,

G. Tsagaropoulos, L. O. Ryrfors and O. J. Karlsson, *J. Polym. Sci. Pol. Chem.*, 2002, 40, 3171-3181).

- 9 Na presente invenção os CDs foram usados como fotossensibilizadores para a polimerização da acrilamida na presença de trietilamina. A fotopolimerização pode ser considerada como uma alternativa interessante e promissora para aplicação dessas nanopartículas, mesmo com rendimento quântico menor que 10%. Esses materiais combinam as propriedades ópticas descritas e as propriedades tradicionais de materiais carbonosos, tais como: resistência mecânica e estabilidade química. Portanto, materiais polimerizados na presença dessas estruturas podem apresentar propriedades superiores quando comparado a polímeros preparados com iniciadores moleculares.
- 10 Métodos de utilização de polímeros com CDs são descritos na literatura, como o caso de um material compósito contendo os quantum dots de carbono e poli-N-isopropilacrilamida, que difere do presente invento por apresentar um método de preparação por tratamento micro-ondas e envolve o método de transferência de átomos por polimerização radicalar promovendo a enxertia do polímero à superfície dos CDs (CN102675565-A, 2012), assim como o método que descreve a modificação de carboidratos usando a politrifenilamina como matriz e CDs de células solares, baseado em mecanismos de transmissão envolvendo pares elétron-buraco (CN102617832-A, 2012) e a tecnologia que envolve a fabricação de nanomateriais complexos envolvendo CDs/polímeros através de polimerização interfacial (KR20090033947-A, 2009) utiliza a adição de iniciadores metálicos em solução e descreve o método aplicável a polímeros sintetizados na superfície dos CDs, especificados apenas como o Telureto de Cádmio, o Seleneto de Cádmio e o Seleneto de Zinco. O uso de radicais livres para a formação de clusters envolvendo CDs e óxidos (US2008281070 – A1, 2008), ou mesmo na produção de microesferas, que além de iniciadores solúveis, requer adição de óleo no meio reacional que permitem a reação de polimerização por suspensão e a produção de microesferas com tamanho controlado (CN102504077-A, 2012). Portanto todos os métodos encontrados na literatura consultada prevê a adição de iniciadores ao processo de polimerização.
- 11 Neste invento, se apresentam como novidade: (i) os CDs são usados como iniciadores para a preparação do polímero; e (ii) o método usado envolve radiação na região do

- ultravioleta e do visível, sem a necessidade de adição de iniciadores uma vez que o próprio CD atua como iniciador do processo de polimerização.
- 12 A presente invenção pode ser melhor entendida pelos exemplos listados abaixo:
 - 13 EXEMPLO 1: Preparação das soluções de CDs.
 - 14 Os “Carbon dots”, CDs, foram obtidos por hidrólise ácida utilizando ácido sulfúrico e algodão (Peng, H. and J. Travas-Sejdic. *Chemistry of Materials*, 2009. **21**(23): p. 5563-5565.). Primeiramente, 5g de algodão foram dispersos em 10 ml de H₂SO₄ a 80 °C. Após 40 minutos, a reação é interrompida com a adição de 40 ml de água. O material de carbonoso obtido é centrifugado, lavado e redisperso em 125 mL de solução HNO₃ (2M). A mistura foi submetida à temperatura de refluxo durante 12 horas e a solução resultante neutralizada com NaCO₃ e dialisada até condutividade constante, normalmente após 72 horas.
 - 15 EXEMPLO 2: Caracterização e Propriedades de absorção e emissão de luz dos CDs (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5)
 - 16 Na Figura 1 é mostrado o espectro FTIR obtidos para estas nanoestruturas. De um modo geral, os espectros FTIR dos materiais de carbono são muito complexos devido à heterogeneidade química da superfície (Figueiredo, J.L., et al., *Modification of the surface chemistry of activated carbons*. *Carbon*, 1999. **37**(9): p. 1379-1389). Assim, na Figura 1 verificam-se estiramentos característicos de C-O e S=O por volta de 1100 cm⁻¹. Na região localizada entre 1500 cm⁻¹ a 1700 cm⁻¹ as absorções são características do estiramento de vários grupos funcionais incluindo C=C, C=O. Este último, devido à presença de lactonas, carboxílicos e quinonas. A presença de OH é confirmada pela absorção por volta de 3350 cm⁻¹, sendo visível nesta região um ombro e devido ao estiramento C-H (LAMPMAN, G.M., et al., *Introdução a Espectroscopia*: cengage.). A análise termogravimétrica e térmica diferencial reforçam a interpretação do espectro FTIR. Na Figura 2 é possível identificar três eventos exotérmicos bem definidos em ~380°, 600°, e 850°C. As perdas de massa ligadas a estes eventos se relacionam com a decomposição dos grupos funcionais superficiais oxigenados, lactonas, carboxílicos e quinonas/fenóis (Gorgulho, H.F., et al. *Carbon*, 2008. **46**(12): p. 1544-1555).
 - 17 Na Figura 3a é mostrado um espectro de absorção obtido na região UV-Vis para a solução de CDs preparados. Os *Carbon Dots* obtidos absorvem numa ampla faixa de

comprimentos de onda iniciando a partir de 500 nm. Na Figura 3b são mostradas as imagens da solução sob luz ambiente e luz de 365nm. Enquanto a solução sob luz ambiente apresenta um coloração amarelada, sob radiação de 365nm a solução apresenta uma coloração esverdeada.

- 18 Com base no espectro de absorção mostrado na Figura 3, os espectros de fotoluminescência foram obtidos com excitação em comprimentos de onda de 300 a 420nm em intervalos de 10nm. Como mostrado na Figura 4, as emissões correspondentes as estas excitações ocorrem entre 400 e 500 nm, com intervalos sucessivos de ~7nm (Figura 4b).
- 19 Além da relação linear entre a excitação e emissão, os CDs preparados apresentam uma excelente estabilidade na fotoluminescência como mostrado na Figura 5.
- 20 EXEMPLO 3: Preparação dos polímeros
- 21 Num procedimento típico, foram dissolvidos 1,8g de acrilamida e 0,08g de trietilamina em solução de 50 ml metanol. Em seguida foram adicionados 5ml da solução de *Carbon Dots* (~1 mg). A solução foi iluminada com radiação ultravioleta de 365 nm com uma lâmpada negra de vapor de mercúrio de 125 W.
- 22 EXEMPLO 4: Caracterização dos polímeros: espectroscopia na região do infravermelho (FTIR), análise termogravimétrica, propriedades de absorção de água.
- 23 Após várias lavagens, os o material polimérico obtido apresentou uma coloração levemente amarronzada (Figura 6a), indicando à presença dos CDs incorporados a estrutura molecular do polímero possivelmente formando ligações cruzadas. A constatação da reticulação foi confirmada com a insolubilidade do material em solução aquosa acidificada e a boa capacidade de absorção de água, ~40 vezes, após 72 horas de imersão (Figura 6b).
- 24 Os materiais foram analisados por espectroscopia molecular na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) (equipamento: Nicolet 380 FT-IR spectrometer usando a técnica de reflectância total atenuada (ATR). Ambos os espectros (Figura 7) apresentam os estiramentos típicos do grupo -NH₂ em 3100 e 3330cm⁻¹ além das bandas de amida I (1650cm⁻¹) e amida (II) (1590cm⁻¹). Verifica-se o desaparecimento da banda característica de carbono sp² em ~3025cm⁻¹ após a

fotopolimerização (ampliação na Figura 7 (I)).

- 25 As análises de termogravimétrica (TGA/DTA) foram realizadas em um equipamento da marca SHIMADZU modelo DTG60. As curvas foram obtidas com uma taxa de aquecimento de $15\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ com um fluxo de N_2 de 200 mL min^{-1} . Nestas análises foram utilizadas amostras com massas ao redor de 5,00 mg. Como referência para o DTA foi utilizado a α -alumina. O processo de degradação térmica da poliacrilamida em nitrogênio ocorre em dois estágios. O primeiro estágio envolve a saída de amônia do grupo amida e a formação de imidas. O segundo estágio corresponde a pirólise da imida formada durante o primeiro estágio (Yang, M. H. On the thermal degradation of poly(styrene sulfone)s. V. Thermogravimetric kinetic simulation of polyacrylamide pyrolysis. *Journal of Applied Polymer Science*. v. 86, p.1540–1548. 2002). Os resultados mostrados na Figura 8 são típicos de poliacrilamida.

26 BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

- 27 Figura 1: Espectro de FTIR dos Carbon Dots Detalhe: Deconvolução da região localizada entre 1750 e 1250 cm^{-1} .
- 28 Figura 2: Análise termogravimétrica (TG) e análise térmica diferencial (DTA) obtida para os CDs preparados por meio da desidratação/oxidação de celulose.
- 29 Figura 3: Espectro de absorção UV-Vis obtido para os carbon dots preparados a partir da desidratação de celulose com H_2SO_4 (a). b) solução dos carbon dots sob luz ambiente (esquerda) e irradiada com luz UV de 365 nm (direita).
- 30 Figura 4: (a) Espectros de fotoluminescência com excitação de 300 a 420 nm . (b) comprimento de onda de excitação versus comprimento de onda de emissão máxima.
- 31 Figura 5: Estabilidade de fotoluminescência com comprimento de onda de excitação de 365 nm .
- 32 Figura 6: (a) Material polimérico seco obtido com a fotopolimerização; (b) a amostra após imersão em água durante 72 horas.
- 33 Figura 7: Espectros FTIR obtidos para a (I) acrilamida e (II) poliacrilamida.
- 34 Figura 8. TGA, DTG e DTA do material polimérico obtido.

REIVINDICAÇÕES

1-“NANOESTRUTURAS DE CARBONO COMO FOTOSSENSÍBILIZADORES EM REAÇÕES DE POLIMERIZAÇÃO”

Caracterizado pelo processo de produção de polímeros a base de monômeros vinílicos (e.g.: amidas, acrilamidas, acrilatos, não limitante), epóxidos e aminas (e.g. trietilamina, anilina, não limitante), contendo “Carbon Dots”, denominados: CDs, caracterizados por CDs não metálicos, que atuam como iniciadores do processo de fotopolimerização utilizando radiação na região ultravioleta e no visível para formação de materiais poliméricos.

2-“NANOESTRUTURAS DE CARBONO COMO FOTOSSENSÍBILIZADORES EM REAÇÕES DE POLIMERIZAÇÃO”

Conforme a reivindicação 1, caracterizado pelo processo de produção de polímeros contendo quantidades variadas, em toda faixa de composição da mistura de monômeros vinílicos e diferentes co-iniciadores, sejam doadores ou aceptores de elétrons (e.g. amidas, epóxidos ou aminas terciárias, não limitante) sendo adicionadas quantidades de CDs que variam de 0,01 a 100 ppm, preferencialmente 0,1 ppm.

3- “NANOESTRUTURAS DE CARBONO COMO FOTOSSENSÍBILIZADORES EM REAÇÕES DE POLIMERIZAÇÃO”

Conforme a reivindicação 1 e 2, caracterizado processo de produção de polímeros pelo processo de fotopolimerização utilizando radiação na região ultravioleta e no visível para formação de materiais poliméricos, com comprimentos de onda possíveis de 200 a 720 nm, preferencialmente 365 nm (não limitante), considerando tempos de exposição que variam entre 5 minutos e 24 horas, preferencialmente 1h, não limitante.

4- “NANOESTRUTURAS DE CARBONO COMO FOTOSSENSÍBILIZADORES EM REAÇÕES DE POLIMERIZAÇÃO”

Conforme a reivindicação 1 a 3, caracterizado por materiais poliméricos lineares ou reticulados, dependente dos precursores usados, com capacidade de absorver água variando seu volume em até 1000 vezes.

5-“NANOESTRUTURAS DE CARBONO COMO FOTOSSENSÍBILIZADORES EM REAÇÕES DE POLIMERIZAÇÃO”

Conforme a reivindicação 1 a 4, caracterizado por materiais poliméricos produzidos para aplicações com finalidades biomédicas, farmacêuticas, ambiental, química e agrícola, não limitante.

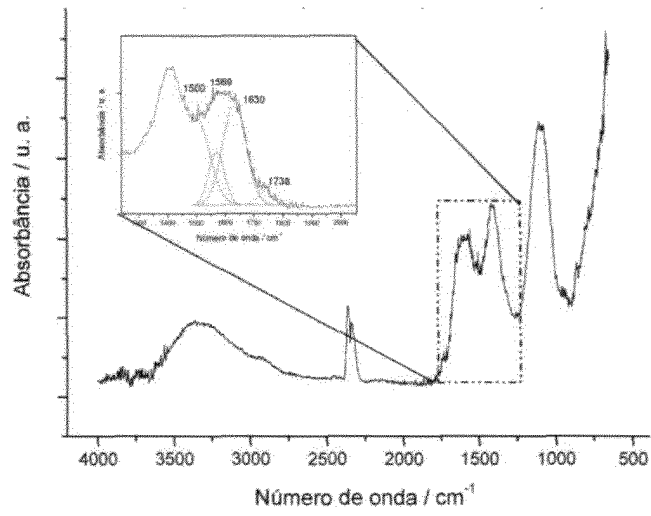


Figura 1

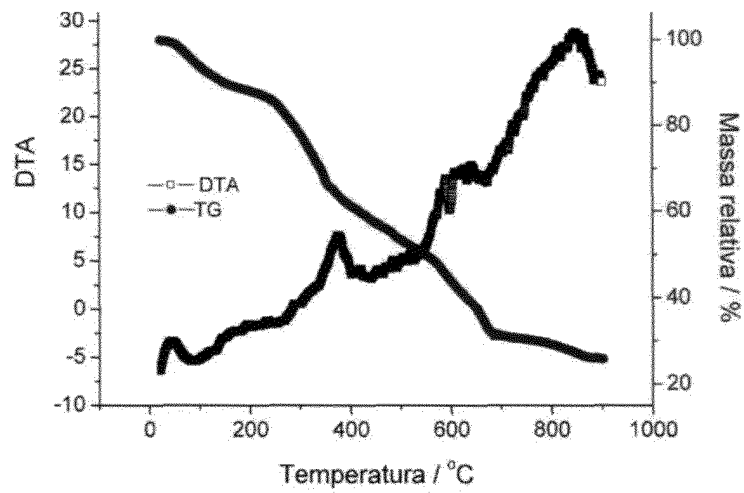


Figura 2

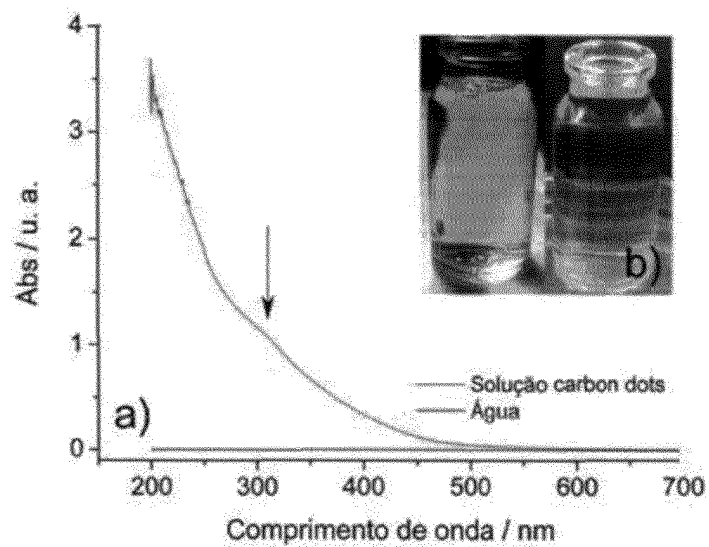


Figura 3

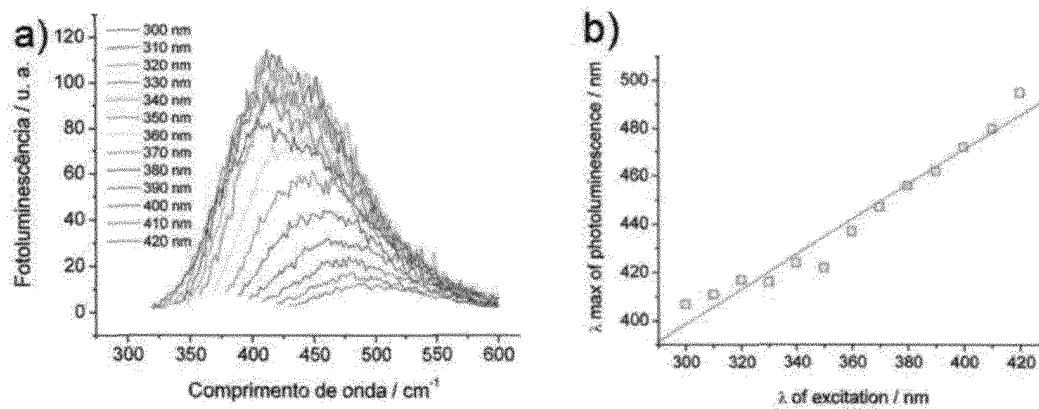


Figura 4

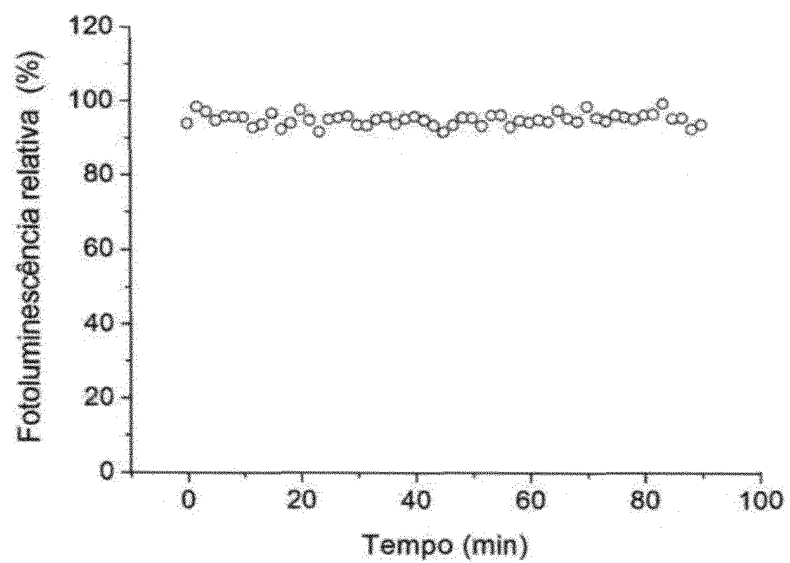


Figura 5

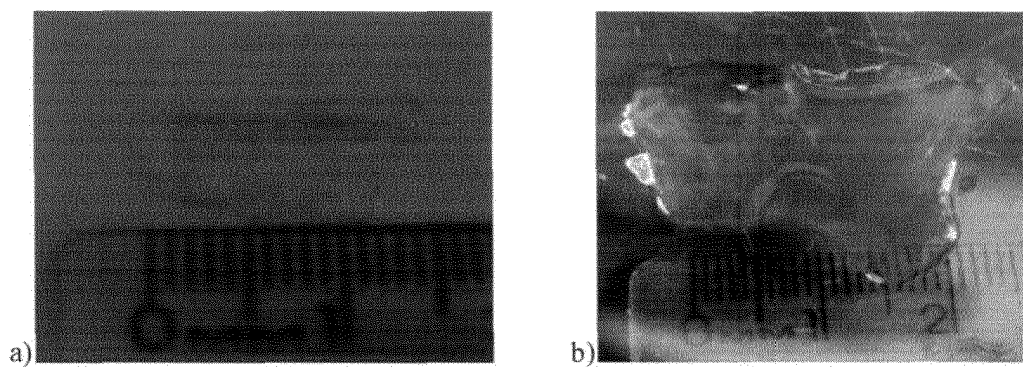


Figura 6

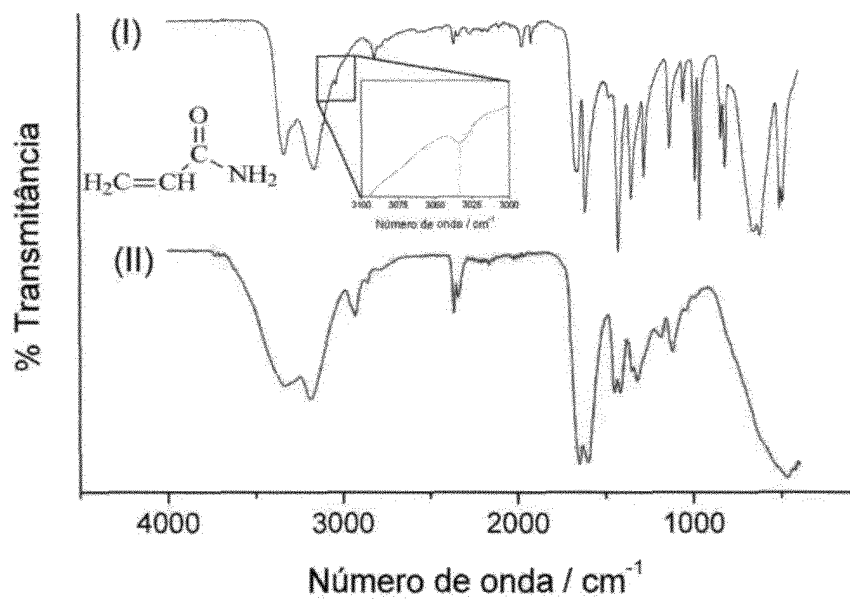


Figura 7

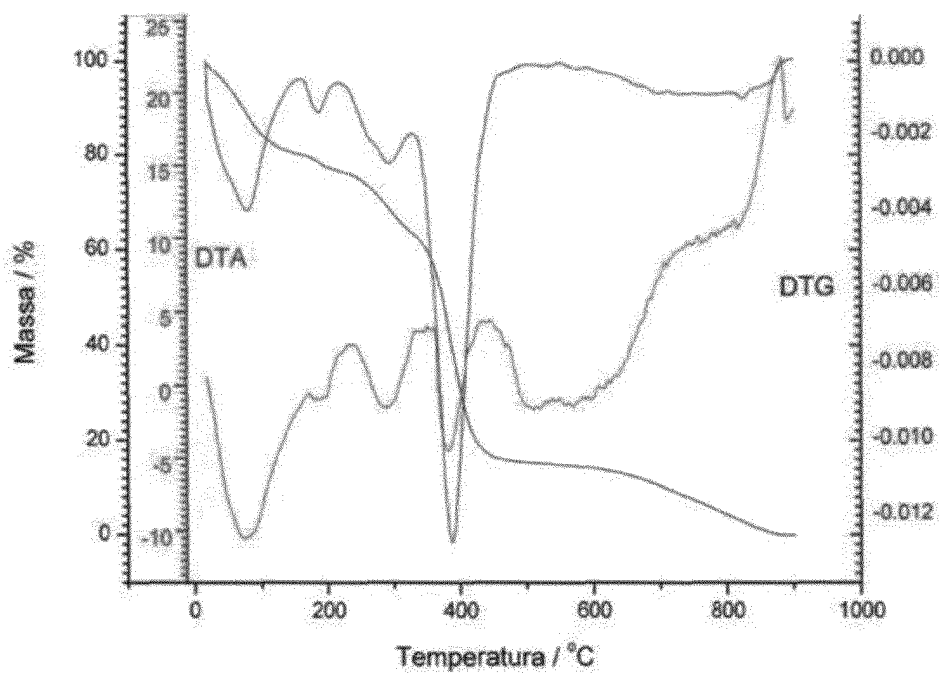


Figura 8

RESUMO**USO DE NANOESTRUTURAS DE CARBONO COMO FOTOSSENSIBILIZADORES EM REAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO**

A presente invenção descreve o processo de polimerização fotoinduzida utilizando como iniciadores nanoestruturas de carbono, especialmente os pontos quânticos de carbono (CDs), denominados igualmente como *Carbon Quantum Dots* (CQDs) ou *carbon dots* (CDs). Os CDs mostraram-se efetivos como fotossensibilizadores promovendo a polimerização do polímero modelo, acrilamida. Além da desta função, os CDs podem melhorar significativamente as propriedades dos materiais preparados devidos as suas excelentes propriedades mecânicas e estabilidade química e térmica. Em adição, seu uso é menos danoso ao ambiente frente às tradicionais substancias utilizada, uma vez que pode ser obtido por diferentes fontes renováveis, incluindo rejeitos agrícolas. Enfim, a tecnologia apresentada representa uma nova e viável alternativa para fotossensibilizadores usados atualmente, principalmente nos setores relacionados a produção de resinas, adesivos e tintas.