



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação  
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica  
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



# Síntese e análise do copolímero de estireno/D-limoneno suportado em nanotubos de carbono: uma breve revisão

*Synthesis and analysis of styrene/D-limonene copolymer supported on carbon nanotubes: a brief review*

Ivan José da Silva Junior      Paulo Rodrigo Stival Bittencourt

## RESUMO

Devido a pandemia do vírus da Sars-Cov-2, o presente trabalho trouxe um breve apanhado bibliográfico sobre o que se tem de conhecimento sobre polímeros, sobre o solvente em destaque, o limoneno e a integração de nanotubos de carbono a compostos poliméricos. A pesquisa foi realizada buscando localizar artigos científicos mais recentes sobre o tema, o que se tem de conhecimento na área de pesquisa. Concluiu-se que os polímeros tiveram importância neste tempo de pandemia, devido ao elevado uso de EPI's\* e embalagens descartáveis para diminuir o contágio. Também foi constatado novas descobertas na área medicinal do limoneno e que se espera maiores pesquisas sobre os nanotubos de carbono, uma vez que seu preço comercial foi reduzido, incentivando assim a pesquisa sobre o mesmo.

**Palavras-chave:** Polímero, limoneno, nanotubos de carbono

## ABSTRACT

Due to the Sars-Cov-2 virus pandemic, the present work brings a brief bibliographical overview about what is known about polymers, about the highlighted solvent, limonene and the integration of carbon nanotubes to polymeric composites. The research was carried out seeking to locate more recent scientific articles on the subject, which is known in the research area. It was concluded that polymers were important during this time of pandemic, due to the high use of PPE and disposable packaging to reduce contagion. New discoveries were also found in the medicinal area of limonene, and further research on carbon nanotubes is expected, since their commercial price has been reduced, thus encouraging research on the same.

**Keywords:** Polymer, limonene, carbon nanotubes

## 1. INTRODUÇÃO.

Os materiais poliméricos vêm sendo amplamente utilizados na indústria, devido a sua estabilidade e aos meios de produção do mesmo, mas ao mesmo tempo o número de resíduos sólidos, que os mesmos produzem em seu descarte, deve ser levado em consideração em relação ao meio ambiente. A alta estabilidade acaba se tornando um inimigo do meio ambiente, tendo em vista que sua degradação ocorrerá de forma mais lenta comparado a materiais orgânicos. ( NETO, 2016)

\* Departamento de química, licenciatura em química ✉ [ivan.junior.r@hotmail.com](mailto:ivan.junior.r@hotmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-6335-1700>

† Departamento de química, licenciatura em química; ✉ [paulob@utfpr.edu.br](mailto:paulob@utfpr.edu.br) ; <https://orcid.org/0000-0001-8740-1672>



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação  
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica  
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



O politetrafluoroetileno é utilizado em alguns materiais que se devido a sua alta estabilidade em relação a degradação térmica, o qual pode chegar até a 200 °C sem que ocorra a degradação térmica. Essa alta estabilidade provem da natureza do material, que possui ligações covalentes que ocorrem entre o carbono e flúor na cadeia do material (FERNANDES,2015)

O poliestireno vem sendo estudado nos últimos anos pelo fato de ser um excelente material de isolamento térmico, vários outros materiais de natureza não polimérica, que não possuem a característica mecânica do poliestireno acabam optando por inserir este polímero em sua matriz, formando um compósito. Além do fato de que muitas embalagens são produzidas utilizando o poliestireno o que torna este produto disponível para pesquisa e para aplicação do mesmo. O poliestireno expandido é encontrado como embalagem de alimentos em geral, pelo fato de ser um bom isolante térmico e quimicamente estável, logo existem muitas pesquisas que visam a sua possibilidade de ocorrer o desenvolvimento de microrganismos em sua superfície, bem como o tempo de vida dos mesmos nesta superfície. (WILES,2020)

O D-limoneno vem sendo estudados em diferentes áreas da ciência e uma delas é o desenvolvimento de materiais poliméricos com o mesmo, como o trabalho apresentado no SEI/SICITE 2020 ( BITTENCOURT, 2020) o limoneno também é estudado na medicina como um material orgânico antiarrítmico, que foi testado em ratos e apresentou resultados promissores.( SILVA, 2019)

O momento atual pandêmico trouxe novas questões no desenvolvimento de polímeros que ajudem a humanidade em um momento como esse, envolvendo novos equipamentos descartáveis para serem usados em hospitais e no dia a dia da população, além de desenvolvimento de polímeros que inativam o novo vírus da covid-19. Como por exemplo o polímero PVC AlfilmProtect que segundo pesquisa inativa 79% do vírus da covid-19 em três minutos e até 99% em quinze minutos, o que o torna promissor para embalagens e utilização de materiais que tenham contato externo além do usuário. (BARBOSA, 2021)

Entretanto, devido a pandemia do vírus Sars-CoV-2 cujo afastamento social foi recomendado pela OMS no ano de 2020, e seguiu-se até meados de 2021, o trabalho laboratorial foi protelado atrasando, desta forma, o cronograma previsto, assim foi realizado um levantamento bibliográfico, revisando o assunto de copolímeros e analisando as possíveis melhoras. Desta forma este estudo contribuiu na continuação do trabalho realizado otimizando a metodologia de síntese desses copolímeros, visando o maior rendimento com a utilização de reatores de teflon com atmosfera inerte. Destaca-se que as atividades em laboratório estão voltando ao normal, atendendo os protocolos sanitários recomendados pela Instituição.

Mas afinal, o que o meio científico tem para oferecer sobre polímeros e copolímeros a base de estireno sustentado com nanotubos de carbono?

## 2. METODOLOGIA

No presente trabalho, a revisão bibliográfica foi feita baseado no trabalho realizado em nosso projeto homologado, buscando melhorias e otimização de processos e maior eficiência no procedimento de síntese dos sistemas compósitos de co-estireno/co-limoneno/nanotubos de carbono. A biblioteca virtual [www.scielo.org](http://www.scielo.org) foi usada como base principal na busca de artigos para este trabalho.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

### 3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

#### Polímeros

Em 1880 iniciou-se os estudos na área de materiais poliméricos quando Hilaire de Chardonnet investigava uma doença presente em bichos-da-seda, na qual começou-se a observar a produção da seda e as primeiras ideias para a criação de polímeros artificiais, no qual teve sucesso ao sintetizar o nitrato de celulose que era conhecida como seda artificial, porém o seu problema era a alta inflamabilidade do material que entrava em combustão com frequência. Aprimorando as pesquisas com o objetivo de deixar a celulose com menos nitrato e mais segura para o manuseio, em 1902 foi feita a descoberta do rayon, um polímero sintético proveniente da celulose e começando sua produção em massa dez anos após sua descoberta na Inglaterra. Outro ponto interessante foi o debate ocorrido próximo a década de 1920 com o estudo dos polímeros aonde foram debatidas duas teses apresentadas, que explicava o funcionamento a parte molecular dos polímeros, sendo uma hipótese tese com a ideia de que seriam um aglomerado de moléculas e outra hipótese que alegava que polímeros eram moléculas grandes. (FANTONI, 2012)

As embalagens entraram na sociedade atual com uma grande utilidade, porém devido ao consumismo na sociedade capitalista atual acabaram gerando uma grande quantidade de resíduos sólidos, o que pode ser até um medidor de desenvolvimento, no qual quanto maior a quantidade de resíduos sólidos, mais desenvolvido o país se encontra. Isso acarretou em um problema direto no meio ambiente devido o descarte incorreto dos mesmos, um estudo de 2012 apresentou que o Brasil produziu sessenta e três milhões de toneladas de lixo, o equivalente a 383 kg de lixo por habitante, sendo que 42% dos municípios do país não descartam esse lixo de forma correta. Entre as embalagens mais usadas encontram-se os polímeros, que também se enquadram nesse problema pelo fato serem de alto custo e baixa produtividade para a reutilização. Tendo em vista esse problema várias pesquisas estão tendo como objetivo a síntese de novos polímeros denominados verdes, ou seja, que durante seu processamento e degradação não agridem tanto o meio ambiente quando comparados aos polímeros convencionais. (LANDIM, 2016)

O poliestireno vem sendo estudado como um ótimo meio de embalar alimentos devido a sua alta estabilidade térmica, o que permite que a comida seja embalada e não degrade a embalagem, contaminando o alimento, logo, temos um material que é um bom isolante térmico e quimicamente estável, uma boa opção para embalagens de comida do dia a dia. Porém, essa estabilidade pode se tornar um problema quando pensamos no meio ambiente tentando decompô-lo se o descarte for feito de forma incorreta, o poliestireno expandido, também conhecido como isopor tem um tempo indeterminado para se decompor (GTech Soluções Ambientais, 2018), logo, é necessário que seja feito algo para que o material tenha o destino adequado, na forma de reciclagem.

A pandemia da Covid-19 trouxe consigo a importância dos polímeros, tantos nas embalagens de comidas na forma de diminuir o contágio quanto em EPI's utilizados em hospitais para segurança dos trabalhadores do local, tendo uma grande parte dos materiais sendo de origem polimérica. Os quais são descartáveis após uma vez utilizados, logo, é necessário que se pense em alguma forma para o destino final deste material, ou que seja possível ser feita a esterilização do mesmo, o que inclui que o material não se desgaste nem sofra qualquer tipo de dano ao ser feito o processo de esterilização, portanto, a estabilidade térmica e química desses materiais se torna importante neste ponto.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

## **Limoneno**

O limoneno pode ser encontrado em frutas cítricas como a laranja e o limão, o que torna o produto de certa forma acessível a indústria, sua aplicação se enquadra em diversas áreas da química e em alguns casos até da medicina. Na química de materiais a pesquisa se reúne na síntese de um material polimérico que contenha esse solvente orgânico em sua composição, pensando nos benefícios e funcionalidade que o mesmo pode ter em uma cadeia polimérica, trazendo também um odor cítrico característico para o polímero, além de suas propriedades contra a proliferação de fungos.(DIAS, 2020)

Copolímeros com D limoneno e estireno trazem consigo a ideia de que teríamos um material polimérico com menos material fóssil(estireno) sendo substituído por um material orgânico, o que degrada menos o ambiente tanto em sua produção, quanto em sua degradação no meio ambiente, uma vez que teríamos um solvente orgânico inserido em sua cadeia. A variação de concentração de limoneno presente no material iria afetar de forma notória a resistência térmica do material(BITTENCOURT,2020 )o tornando mais suscetível a degradação térmica. A síntese desse copolímero é possível e se assemelha na metodologia de síntese do próprio estireno, logo, temos uma possibilidade de produção, uma vez que segue os padrões obtidos na síntese de poliestireno.(SCHLISCHTING, 2008)

A química verde estar tomando uma maior atenção ultimamente, devido aos problemas ambientais que ela visa solucionar, o limoneno possui características medicinais através da inalação de seus odor característico, apresentando uma característica antiarrítmica quando submetida a testes(DIAS, 2020) e alguns estudos apresentaram também o limoneno como antidiabético ( SARAVANAN, 2012)e antioxidante.(JING, 2013) Logo, sua aplicação no dia a dia acaba se tornando algo relevante uma vez que apresenta características relevantes para o bem estar.

## **Nanotubos de carbono**

Os nanotubos de carbono vêm sendo utilizados em compósitos devido as propriedades únicas que o mesmo possui, logo, se as características dos nanotubos de carbono otimizarem as propriedades de compósitos poliméricos quando aplicados nestes, potencialmente poderá ser obtidos compósitos com uma rigidez mecânica e térmica características, objetivando também a aplicação na construção civil, na tentativa de agregar as características dos nanotubos ao cimento, porém se viu necessário uma forma melhor de mistura, uma vez que a sonicação do cimento não foi suficiente para obtermos tal mistura.(GLEIZE, 2020)Alguns estudos informam que houve um aumento na resistência a degradação térmica e aumento na condutividade elétrica em compósitos contendo os nanotubos de carbono. (LOPES, 2016) Algo que quando combinado com o copolímero de estireno com D-limoneno pode ser de grande valor comercial, uma vez que teremos características dos três materiais agregadas, aumentando também a sua área de aplicabilidade.

Os nanotubos de carbono são considerados o material mais resistente já sintetizados pelo homem, porém seu alto custo não permitiu um número elevado de pesquisas que desenvolvam melhor suas propriedades, porém com uma diminuição em seu preço comercial, as pesquisas envolvendo-o aumentaram e estão trazendo novas descobertas para a comunidade científica neste ponto. (ALVES , 2012)



#### 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentados alguns resultados de pesquisas na área de materiais cuja linha de pesquisa são as mesmas dos trabalhos realizados por nosso grupo de pesquisa, podendo-se concluir a importância deste trabalho nesta área bem como as várias vertentes de atuação que a mesma pode ter, tendo também a possibilidade sistemas poliméricos denominados copolímeros, agregando ao meio científico e também podendo ser implementado no cotidiano da população. Assim é o caso do limoneno, usado como monômero na síntese com o estireno, que tem uma aplicabilidade medicinal interessante para ser desenvolvida, trazendo também o contexto atual da pandemia e a importância dos polímeros neste momento, os quais estão em constante evolução para melhor atender as necessidades do ser humano.

É possível observar neste trabalho que a utilização de nanotubos de carbono em sistemas poliméricos podem aumentar a gama de materiais utilizados em diversas áreas de engenharia e na metodologia de desenvolvimento de compósitos, modificando as propriedades térmicas e mecânicas do copolímero puro.

#### 5. AGRADECIMENTO

Ao CNPq pelo apoio concedido para a realização da pesquisa.

#### 6. REFERÊNCIAS

ALVES, Joner Oliveira; ZHUO, Chuanwei; LEVENDIS, Yiannis Angelo; TENÓRIO, Jorge Alberto Soares. Synthesis of carbon nanotubes from sugarcane bagasse. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 65, n. 3, p. 313–318, 2012. DOI: 10.1590/S0370-44672012000300006.

ALVES, Quiara Lovatti; SILVA, Darizy Flávia. D-limonene: A promising molecule with bradycardic and antiarrhythmic potential. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 113, n. 5, p. 933–934, 2019. DOI: 10.5935/abc.20190233.

Barbosa, D; A redenção do plástico: pandemia mostra importância de produtos descartáveis; **jornal correio da Bahia**;2021 Disponível em :<https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/a-redencao-do-plastico-pandemia-mostra-importancia-de-produtos-descartaveis/>acesso em 13/09/2021

DA SILVA, Elaine Aparecida; NETO, José Machado Moita. Possibilidades de melhorias ambientais no processo de reciclagem do polietileno. **Polimeros**, v. 26, p. 49–54, 2016. DOI: 10.1590/0104-1428.1954.

DIAS, A. L. B. et al. Chemical composition and in vitro inhibitory effects of essential oils from fruit peel of three citrus species and limonene on mycelial growth of sclerotinia sclerotiorum. **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 2, p. 460–464, 2020. DOI: 10.1590/1519-6984.216848.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação  
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica  
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Fernandes, V.; Você realmente conhece o Teflon? **Engenheiro de Materiais**; 2015 Disponível em <<https://engenheirodemateriais.com.br/2015/06/15/voce-realmente-conhece-o-teflon/>> acesso em 13/09//2021

FANTONI, Roberto Filippini. Como a poliamida substituiu a seda: Uma história da descoberta da poliamida 66. **Polimeros**, v. 22, n. 1, p. 1–6, 2012. DOI: 10.1590/S0104-14282012000100003.

JING, Li; ZHANG, Yu; FAN, Shengjie; GU, Ming; GUAN, Yu; LU, Xiong; HUANG, Cheng; ZHOU, Zhiqin. Preventive and ameliorating effects of citrus D-limonene on dyslipidemia and hyperglycemia in mice with high-fat diet-induced obesity. **European Journal of Pharmacology**, v. 715, n. 1–3, p. 46–55, 2013. DOI: 10.1016/j.ejphar.2013.06.022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejphar.2013.06.022>.

LANDIM, Ana Paula Miguel; BERNARDO, Cristiany Oliveira; MARTINS, Inayara Beatriz Araujo; FRANCISCO, Michele Rodrigues; SANTOS, Monique Barreto; DE MELO, Nathália Ramos. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polimeros**, v. 26, p. 82–92, 2016. DOI: 10.1590/0104-1428.1897.

LOPES, Magnovaldo Carvalho; TRIGUEIRO, João Paulo Campos; DE CASTRO, Vinicius Gomide; LAVALL, Rodrigo Lassarote; SILVA, Glauro Goulart. Otimização do processo de dispersão de nanotubos de carbono em poliuretano termorrígido. **Polimeros**, v. 26, n. 1, p. 81–91, 2016. DOI: 10.1590/0104-1428.2087.

MURALI, Ramakrishnan; SARAVANAN, Ramalingam. Antidiabetic effect of d-limonene, a monoterpene in streptozotocin-induced diabetic rats. **Biomedicine and Preventive Nutrition**, v. 2, n. 4, p. 269–275, 2012. DOI: 10.1016/j.bionut.2012.08.008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bionut.2012.08.008>.

RODRIGO, Paulo, B. S.; JOSE, Ivan ,S. J. Síntese e análise do copolímero de estireno / D-limoneno suportado em nanotubos de carbono Synthesis and analysis of the styrene / D-limonene copolymer supported on carbon nanotubes. , p. 1–6, 2020.

SCHLISCHTING, Rodrigo. Polimerização do Estireno na Presença de d-Limoneno : p. 75, 2008.

SIQUEIRA, J. E. L. De; GLEIZE, P. J. P. Effect of carbon nanotubes sonication on mechanical properties of cement pastes Avaliação da influência do processo de sonicação de. **IBRACON Structures and Materials Journal**, v. 13, n. 2, p. 455–463, 2020.

Wiles, K Now metal surfaces can be instant bacteria killers ; **phys.org**; 2020 Disponível em : <https://phys.org/news/2020-04-metal-surfaces-instant-bacteria-killers.html> acesso em 13/09/2021