

# REDI-PLASTIC: RECUPERAÇÃO DE PLÁSTICOS USADOS PARA OBTENÇÃO DE NOVOS PRODUTOS



Autora: Marina Escalona; Orientadora: Profa. Dra. Juliana Izidoro  
Co-orientadora: Profa. Juliana Gomes; Cientista Qualificado: Prof. Dr. Danilo Carastan  
Colégio Dante Alighieri - Alameda Jaú, 1061 - Jardim Paulista, São Paulo - SP, Brasil

## INTRODUÇÃO

- O descarte dos plásticos é um problema mundial (FIGURA 1), principalmente porque esse tipo de material demora para se decompor no meio ambiente (ECO-UNIFESP, 2021).
- O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) representa 30% do resíduo polimérico gerado no Brasil (COUTINHO, 2003).
- O principal tipo de reciclagem é a mecânica, porém esta não absorve todo o resíduo gerado (GODOI ET AL., 2018).
- Existe a possibilidade dos materiais plásticos serem dissolvidos por solventes naturais (SUSSUCHI, ET AL., 2019).
- O limoneno (FIGURA 2), extraído da casca de frutas cítricas, consegue dissolver o Poliestireno (PS), também conhecido como "isopor" (SUSSUCHI, et al., 2019).
- O limoneno é um hidrocarboneto cíclico encontrado principalmente na laranja (90%) e limão (65-70%) (FONSECA, 2012).
- Existe uma lacuna nas pesquisas sobre a capacidade dos solventes naturais e não-tóxicos dissolverem materiais plásticos, contribuindo, dessa forma, com a reciclagem desses materiais.



FIGURA 1- Descarte dos plásticos na natureza.  
Fonte: <https://ecoinforme.com.br/>

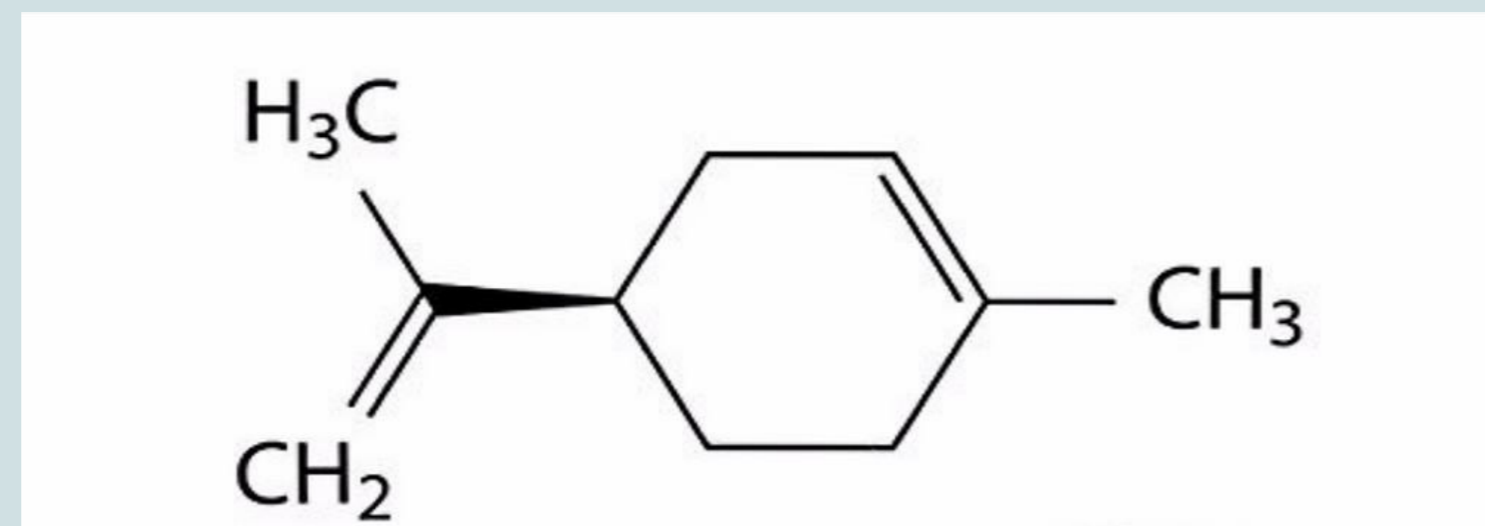


FIGURA 2 - Estrutura Química do Limoneno.  
Fonte: Apotecários da Floresta, 2022.

## QUESTÃO-PROBLEMA

Como dissolver diferentes tipos de polímeros (PP, PS e PEAD) usando um solvente natural extraído da casca de laranja (limoneno), visando tanto amenizar o problema do elevado tempo de decomposição dos materiais plásticos, como avaliar a reciclagem dos produtos?

## HIPÓTESE

Os plásticos, por serem muito versáteis, possuem diversas aplicações. Entretanto, devido ao seu longo tempo de decomposição, podem gerar diversos impactos ambientais. O tempo de decomposição dos plásticos pode variar entre 450 anos a prazos indeterminados (MATEUS ET AL., 2019; ECO-UNIFESP, 2021). O polietileno de alta densidade (PEAD) é um tipo de plástico que merece destaque, pois no ano de 2008, correspondeu a 43% de todo o polietileno produzido no Brasil (MESQUITA, 2010). Um dos fatores que pode contribuir com a elevada produção de PEAD é que a sua aplicação é muito comum, sendo uma das principais, as tampas de garrafas.

Segundo Olivares et al. (2018), o limoneno pode ser usado para dissolver polímeros, entretanto, este estudo não foi direcionado à degradação do PEAD. Dessa forma, acredita-se que a utilização desse solvente natural extraído da casca de laranja possa dissolver o PEAD, dependendo das condições do experimento. O polipropileno (PP) e o poliestireno (PS), também devem ser testados para comparação. As características dos três polímeros devem ser comparadas antes e depois do contato com o solvente natural.

## METODOLOGIA

- Seis etapas: obtenção das amostras de plásticos descartados, moagem e homogeneização dos materiais, caracterização dos polímeros (IF - Índice de Fluidez, TGA - Análise Térmica, DSC - Calorimetria Exploratória Diferencial e FTIR - Espectroscopia no Infravermelho), extração/obtenção do limoneno, contato do limoneno com os polímeros moídos e caracterização dos produtos finais (FIGURA 3).

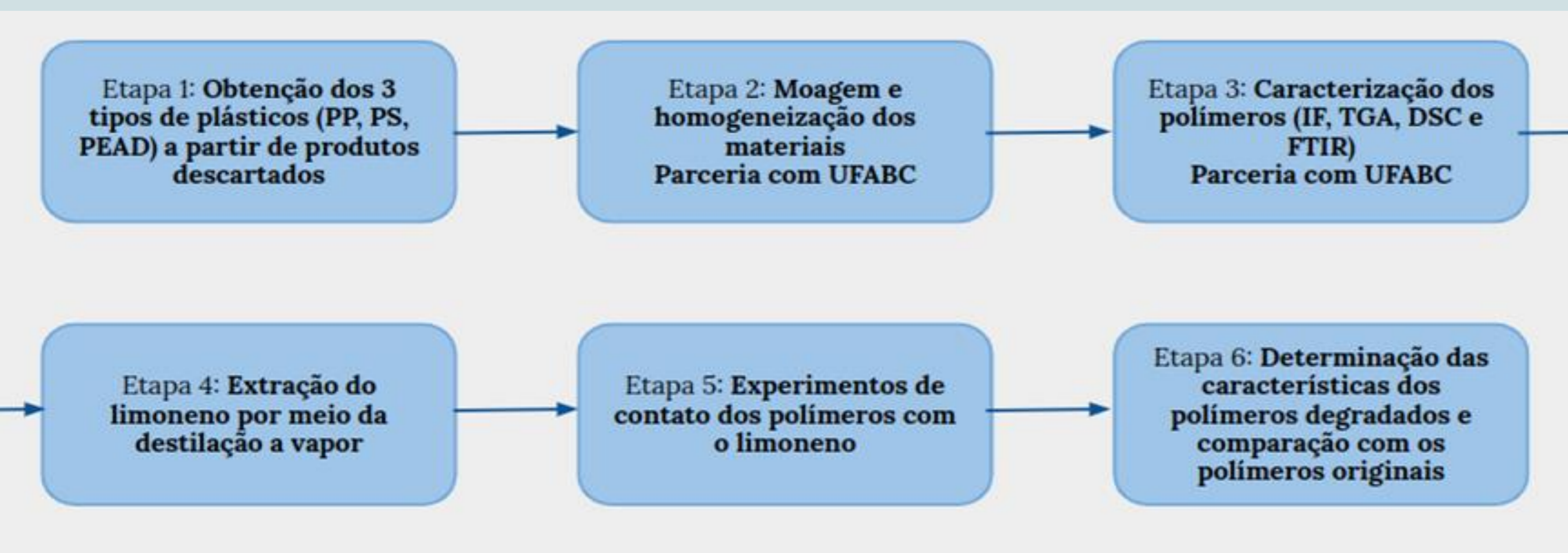


FIGURA 3 - Etapas do Projeto de Pesquisa.  
Fonte: Autoria própria.

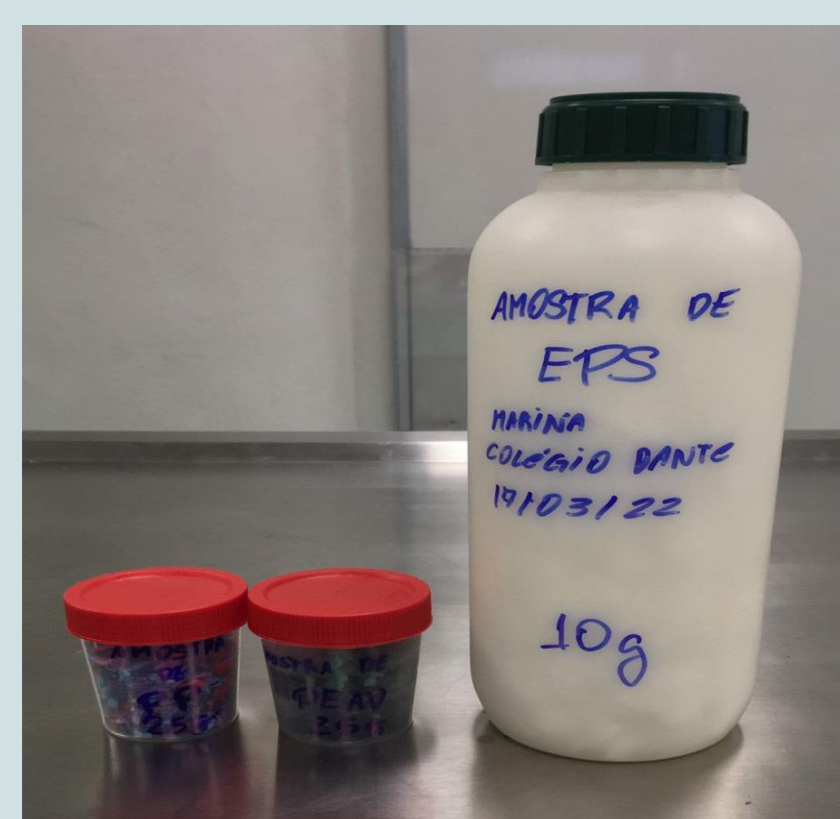


FIGURA 4 - Amostras de polímeros.  
Fonte: Autoria própria.

A moagem do PS foi feita à mão no Laboratório de Química do Colégio Dante Alighieri. O PP e PEAD foram primeiramente congelados com N<sub>2</sub> líquido e depois submetidos ao moinho da marca SOLAB, modelo SL - 31 do laboratório de polímeros da Universidade Federal do ABC (UFABC), parceiros desse projeto.

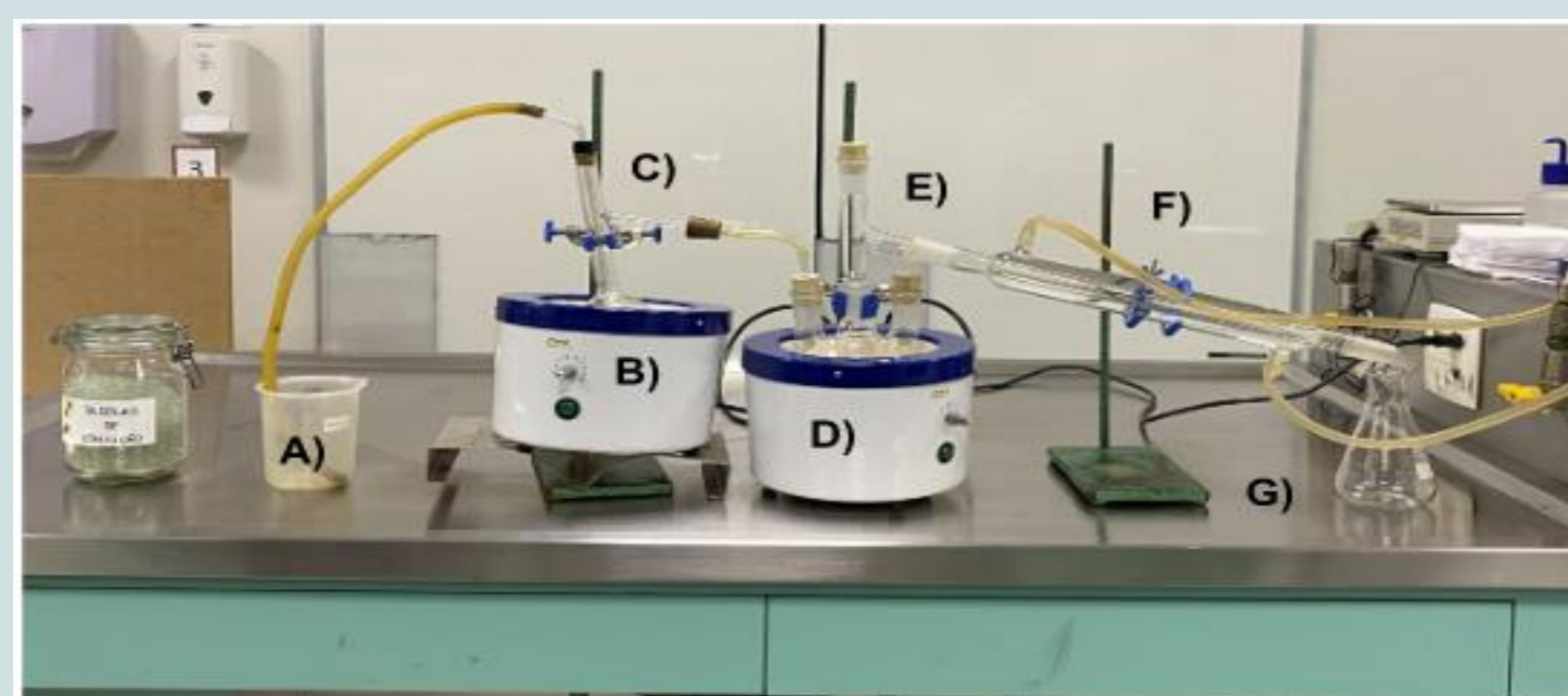


FIGURA 5 - Sistema de destilação à vapor para extração do limoneno do Laboratório de Química do Colégio Dante Alighieri.  
Fonte: Autoria própria.

A extração do limoneno foi realizada por meio da técnica de destilação por arraste a vapor, adaptado de Pires (2018) (FIGURA 5). Nesta metodologia, 50 g do epicarpo da laranja foi triturado e misturado com 75 mL de água. O tempo total do processo foi de 2 horas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

TABELA 1 - Valores de Índice de Fluidez (IF).

Material	T (°C)	Carga (kg)	IF (g/10 min)
PE	190	2,16	1,65
PP	230	2,16	38,63
ePS	200	5,00	7,15

TABELA 2 - Resultados da análise de DSC.

Material	T <sub>g</sub> (°C)	T <sub>m</sub> (°C)	DH <sub>100</sub> (J/g)	DH (J/g)	IC (%)
PE	-	130	280	211,7	75,6
PP	-	166	209	102,5	49,0
ePS	101	-	-	-	-

ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA): Os resultados indicaram que o PEAD apresentou a maior estabilidade térmica entre as amostras analisadas, com pico de perda de massa em 483 °C, seguido de PP, com perda de massa em 462 °C e o PS, em 424 °C.

### ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER - FTIR

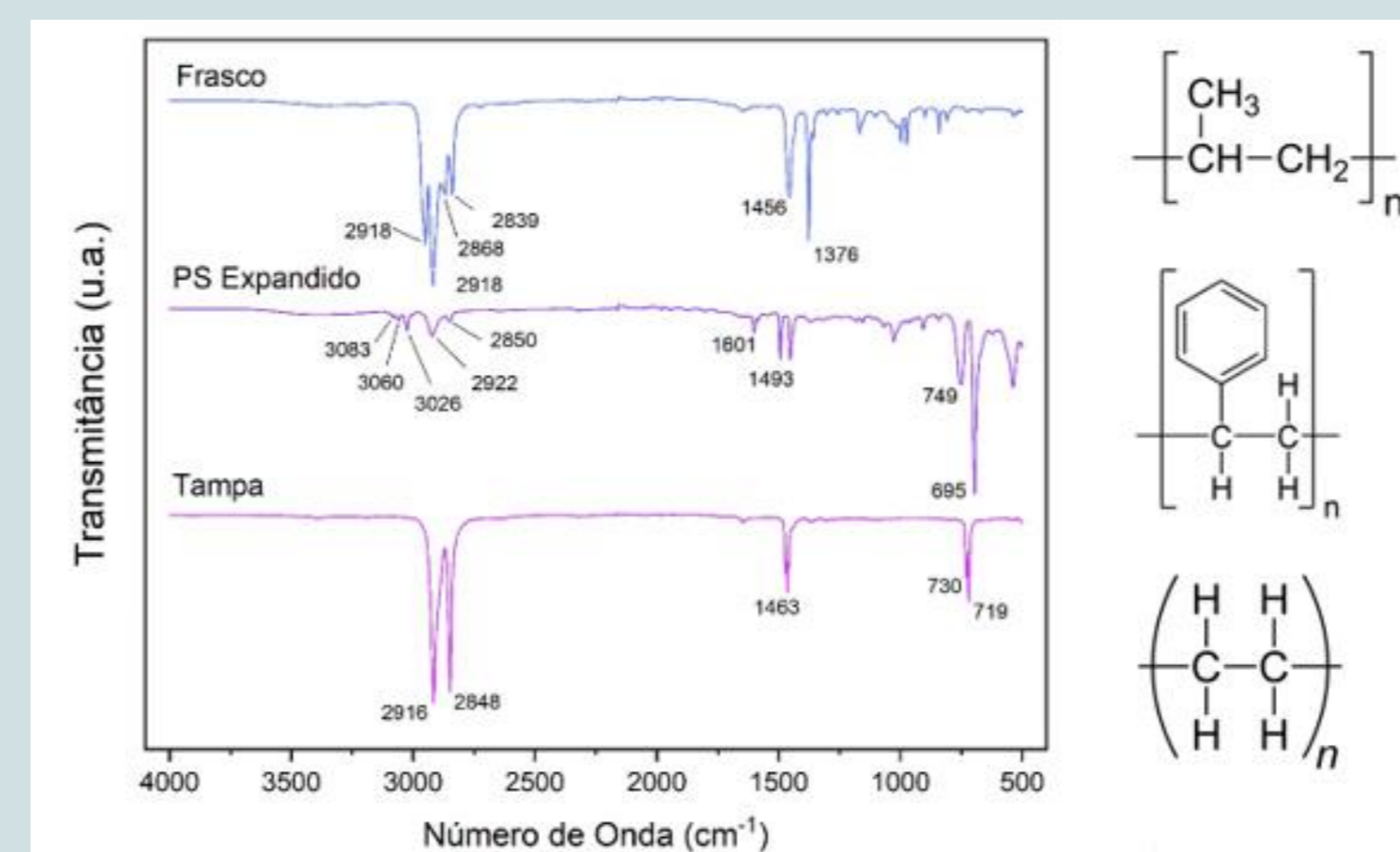


FIGURA 6 - Curvas de FTIR dos três polímeros.  
Fonte: Autoria própria.



FIGURA 7 - a) PP; b) PS; c) PEAD.

### EXTRAÇÃO DO LIMONENO:

A metodologia de destilação por arraste de vapor (FIGURA 8) possibilitou a obtenção do condensado de limoneno e água. Entretanto, a quantidade extraída foi muito pequena (cerca de 0,5 mL).



FIGURA 8 - Composto de água e limoneno extraído da casca de laranja.  
Fonte: Autoria própria.



FIGURA 9 - Limoneno Comercial.  
Fonte: Autoria própria.

### EXPERIMENTOS DE CONTATO DO SOLVENTE COM OS POLÍMEROS:

Tabela 3: Resumo dos ensaios do contato do limoneno com os polímeros.

Polímero	Massa	Volume de limoneno	Tempo de contato	Temperatura	Dissolve?
PS	5 g	20 mL	4 min	25°C	Sim
PP	5 g	20 mL	4 min	25°C	Não
PEAD	5 g	20 mL	4 min	25°C	Não
PP	5 g	20 mL	8 min	120°C	Sim
PEAD	5 g	20 mL	8 min	120°C	Sim



FIGURA 10: Aspecto dos produtos resultantes do contato de limoneno com os plásticos.  
Fonte: Autoria própria.

CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS: Os espectros obtidos por FTIR demonstram que não há sinais de alteração estrutural nas cadeias poliméricas das amostras após solubilização e/ou contato com o limoneno.

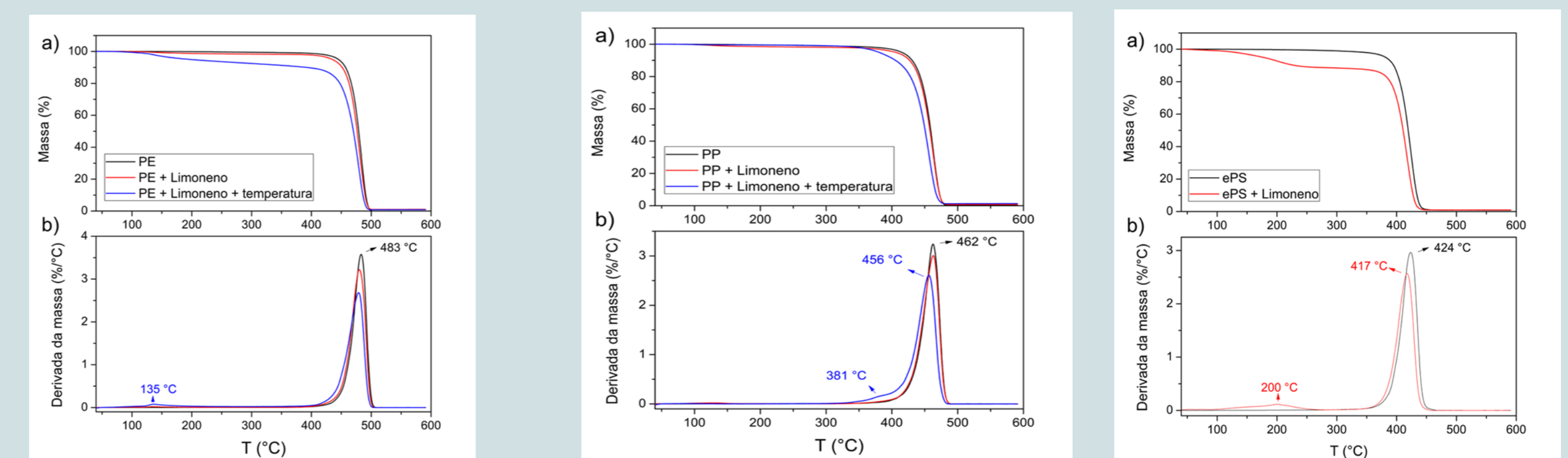


FIGURA 11 - Curvas de (a) TGA e (b) DTG para cada tipo de material, antes e após o contato com o solvente natural.  
Fonte: Autoria própria.

## CONCLUSÃO

Os três tipos de polímeros, obtidos a partir de materiais descartados em uma residência de 4 pessoas, foram moídos, e caracterizados quanto ao IF, TGA/DTG, calorimetria exploratória diferencial (DSC) e FTIR. A análise de IF mostrou que o PP é o polímero mais fluido, enquanto que o PE, o menos fluido. A TGA mostrou que o PE possui maior estabilidade térmica entre as amostras analisadas, com pico de perda de massa em 483°C, seguido de PP em 462°C e PS, em 424°C. A DSC comprovou a temperatura de fusão de cada polímero, bem como determinou a transição vítrea do PS, que foi de 101°C. Os espectros das amostras de PEAD, PP e PS apresentaram bandas de absorção características para cada tipo de polímero.

A extração de limoneno pela técnica de destilação por arraste a vapor foi realizada em duplicata. Entretanto, a quantidade de limoneno obtida foi menor que 0,5 mL nos dois testes, por isso limoneno comercial foi usado nos ensaios posteriores.

No estudo de contato dos polímeros com o limoneno, observações visuais mostraram que somente o PS conseguiu ser dissolvido pelo limoneno à temperatura ambiente, tornando-se um material fluido após 4 minutos de contato com o solvente. O PP e o PEAD foram dissolvidos com sucesso pelo limoneno utilizando-se o dobro do tempo de contato em relação ao PS (8 minutos) e temperatura de 120°C. Os resultados de caracterização dos produtos mostraram que as propriedades dos polímeros recuperados não são muito diferentes dos materiais originais no caso do PEAD e do PP, ao passo que para o PS (que apresentou maior afinidade com o solvente), verificou-se um efeito plastificante, que pode resultar em certa perda de propriedades mecânicas.

Por fim, conclui-se mediante a análise dos resultados de caracterização das amostras após o contato com o limoneno que este solvente, além de ser ambientalmente amigável, pode ser usado com sucesso na recuperação de materiais poliméricos, como uma forma de reciclagem. O próximo passo deste estudo será estudar a viabilidade dos polímeros fundidos com limoneno como material para impressora 3D, na confecção de diferentes protótipos e produtos, e na automatização de todo o processo, criando um dispositivo capaz de fazer todo o processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COUTINHO, F. M. B.; MELLO, L. L.; LUIZ, C. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. *Polímeros: ciência e tecnologia*, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2003.
- FONSECA, C. M. F. Óleos essenciais em contexto escolar. *Tese de Doutorado*. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10400.6/2769>>. Acesso em 26/08/2022.
- ECO-UNIFESP, 2021. Disponível em: <[https://dgi.unifesp.br/ecomunifesp.php?option=com\\_content&view=article&id=16&Itemid=11](https://dgi.unifesp.br/ecomunifesp.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=11)>. Acesso em 5 de agosto de 2021.
- GODOI, L. V. R. et al. Biodegradação de polietileno de alta densidade por meio de larvas e insetos de *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae). *Paraná*, p. 02-03, jul./agosto, 2018.
- MATEUS, A. L.; MACHADO, A. H.; AGUIAR, P. A. Tabela de tempo de decomposição de materiais: contexto para a abordagem de química ambiental no ensino profissional de nível médio. *Química nova na escola*, v. 41, n. 3, p. 259-265, 2019.
- MATOS, J. R.; MACHADO, L. D. B. Análise Térmica. In: *Técnicas de Caracterização de Polímeros*. São Paulo: Artliber, p. 209-228, 2003.
- MESQUITA, F. A. Modificação das propriedades do polietileno de alta densidade por diferentes condições de extração. *Tese de Doutorado*. Universidade de São Paulo, 2010.
- OLIVARES, J. L. M.; DOS SANTOS, J. V.; CAMILO, J. V. F. Desenvolvimento de um método alternativo de reciclagem e remoldagem do poliestireno expandido através de dissolução em *d*-limoneno. 2018.
- PIRES, T.; RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C. Extração do R-(+)-limoneno a partir das cascas de laranja: avaliação e otimização da veridura dos processos de extração tradicionais. *Química Nova*, v. 41, p. 355-365, 2018.
- SUSSUCHI, E. M. Utilização do limoneno obtido da casca do limão ou da laranja. *Scientia Plena Jovem*, v. 6, n. 2, 2019.
- WWF - World Wide Fund for Nature - Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>>. Acesso em 28 de janeiro de 2021.