



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



## AVALIAÇÃO TERMOGRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS DE PLÁSTICOS PARA GERAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS POR PIRÓLISE

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.9.26.I-035>

Wesley Andrade Santos\*, Thiago Rodrigues Bjerk, Fauzi Miller Leoni Santana de Sa

\* Universidade Tiradentes, [w.reino@outlook.com](mailto:w.reino@outlook.com)

### RESUMO

O aumento da geração de resíduos plásticos e seus impactos ambientais têm impulsionado a busca por alternativas sustentáveis de tratamento e valorização desses materiais. Nesse contexto, a pirólise surge como uma tecnologia promissora para conversão de resíduos em combustíveis, contribuindo para a redução de passivos ambientais e para a economia circular. Este estudo avaliou o potencial de resíduos plásticos — polipropileno (PP), polietileno de alta densidade (PEAD) e polietileno de baixa densidade (PEBD) — para a produção de combustíveis líquidos por meio da pirólise. Os materiais foram obtidos de cooperativas de reciclagem de Aracaju/SE, passando por etapas de separação, limpeza e trituração, seguidas de caracterização por análise termogravimétrica (TGA). Os resultados indicaram que os três tipos de plásticos apresentam elevada estabilidade térmica até aproximadamente 250–400 °C, com a principal etapa de degradação ocorrendo entre 250 e 520 °C. Nesse intervalo, há formação predominante de compostos voláteis ricos em hidrocarbonetos, evidenciando alto potencial para conversão em combustíveis líquidos. Além disso, observou-se que a decomposição ocorre de forma rápida, uniforme e praticamente sem geração de resíduos sólidos. Conclui-se que os resíduos plásticos analisados são adequados para processos de pirólise, representando uma alternativa eficiente para recuperação energética e mitigação de impactos ambientais. O trabalho também reforça a relevância das cooperativas de reciclagem na logística reversa e na promoção de práticas sustentáveis na gestão de resíduos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos de plásticos, Análise termogravimétrica, Pirólise, Combustíveis.

### ABSTRACT

The increasing generation of plastic waste and its environmental impacts have driven the search for sustainable alternatives for the treatment and valorization of these materials. In this context, pyrolysis emerges as a promising technology for converting waste into fuels, contributing to the reduction of environmental liabilities and the circular economy. This study evaluated the potential of plastic waste—polypropylene (PP), high-density polyethylene (HDPE), and low-density polyethylene (LDPE)—for the production of liquid fuels through pyrolysis. The materials were obtained from recycling cooperatives in Aracaju/SE, undergoing separation, cleaning, and shredding stages, followed by characterization by thermogravimetric analysis (TGA). The results indicated that the three types of plastics exhibit high thermal stability up to approximately 250–400 °C, with the main degradation stage occurring between 250 and 520 °C. Within this range, there is a predominant formation of volatile compounds rich in hydrocarbons, evidencing high potential for conversion into liquid fuels. Furthermore, it was observed that decomposition occurs quickly, uniformly, and with virtually no generation of solid waste. It is concluded that the analyzed plastic waste is suitable for pyrolysis processes, representing an efficient alternative for energy recovery and mitigation of environmental impacts. The work also reinforces the relevance of recycling cooperatives in reverse logistics and in promoting sustainable practices in waste management.

**KEY WORDS:** Plastic waste, Thermogravimetric analysis, Pyrolysis, Fuels.

### INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos plásticos tem se consolidado como um dos principais desafios ambientais da atualidade, em virtude de sua elevada durabilidade, baixa biodegradabilidade e acúmulo em aterros e ambientes naturais. Mundialmente, dos 460 milhões de toneladas de plástico gerados por ano, mais de 280 milhões de toneladas de produtos plásticos de curta duração se tornam resíduos, sendo 46% dos resíduos plásticos são depositados em aterros, enquanto 22% são mal geridos, se transformam em lixo, e apenas menos de 9% são reciclados. Nesse cenário, torna-se essencial o desenvolvimento de tecnologias que promovam a valorização desses resíduos, alinhadas aos princípios da economia circular e da sustentabilidade (ONU NEWS, 2023).



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



Dentre as alternativas disponíveis, a pirólise destaca-se como um processo termoquímico promissor, capaz de converter resíduos plásticos em produtos de maior valor agregado, como combustíveis líquidos, gases e ceras, por meio da decomposição térmica na ausência de oxigênio. Esse processo apresenta vantagens como a redução do volume de resíduos, recuperação energética e possibilidade de obtenção de hidrocarbonetos com elevado poder calorífico, semelhantes aos combustíveis fósseis convencionais (ESCALANTE *et al.*, 2022).

Os polímeros mais comuns nos resíduos sólidos urbanos, como o polipropileno (PP), o polietileno de alta densidade (PEAD) e o polietileno de baixa densidade (PEBD), possuem características estruturais que favorecem sua conversão por pirólise, devido à predominância de cadeias carbônicas saturadas e elevada volatilização durante a degradação térmica. Estudos indicam que esses materiais podem ser quase totalmente convertidos em frações voláteis, com mínima formação de resíduos sólidos, o que reforça seu potencial para aplicações energéticas (CHEN *et al.*, 2023; NAWAZ; RAZZAK, 2024; FELIX *et al.*, 2026).

Nesse contexto, a análise termogravimétrica (TGA) tem sido amplamente utilizada para investigar o comportamento térmico de materiais poliméricos, permitindo identificar faixas de temperatura de degradação, estabilidade térmica e mecanismos de decomposição. Essas informações são fundamentais para a otimização das condições operacionais de processos de pirólise, contribuindo para maior eficiência na conversão dos resíduos em produtos de interesse (QURESHI *et al.*, 2020; MAQSOOD *et al.*, 2021).

Este trabalho apresenta elevada relevância no contexto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU, 2025), especialmente por contribuir para a promoção de modelos mais sustentáveis de produção e consumo. Exemplos, ODS 7 (Energia Acessível e Limpa), explorando fontes alternativas de energia com potencial de reduzir a dependência de combustíveis fósseis; ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), propondo a valorização de resíduos plásticos por meio da pirólise; ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), evidenciando seu caráter estratégico na transição para uma economia circular e de baixo carbono, além de contribuir para a mitigação dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de plásticos.

## OBJETIVOS

Avaliar o potencial de resíduos plásticos de polipropileno (PP), polietileno de alta densidade (PEAD) e polietileno de baixa densidade (PEBD) para geração de combustíveis líquidos por pirólise como alternativa sustentável de valorização e redução de resíduos sólidos, apoio a estratégias de logística reversa e a economia circular.

## METODOLOGIA

O projeto foi realizado em 2 etapas principais: (1) obtenção dos resíduos de plásticos, sendo polipropileno (PP), polietileno de alta densidade (PEAD) e polietileno de baixa densidade (PEBD); (2) a caracterização dos resíduos de plásticos.

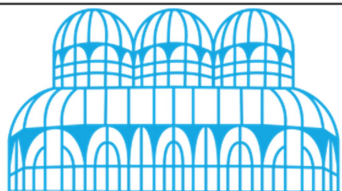
Os resíduos plásticos de polipropileno (PP), polietileno de alta densidade (PEAD) e polietileno de baixa densidade (PEBD) foram, previamente, separados, lavados e secos para remoção de impurezas. Em seguida, os materiais foram fragmentados em partículas menores, a fim de facilitar a análises de caracterização e o processo de conversão termoquímica.

A análise de TGA foi realizado no Instituto de Tecnologia e Pesquisa, localizado na Universidade Tiradentes – *Campus* Farolândia. Cada resíduo de plástico foi realizado utilizando o equipamento Thermal Analysis modelo System STA7200RV (Hitachi, Japão), sob atmosfera inerte com vazão de nitrogênio de 100 mL min<sup>-1</sup>, com temperatura inicial de 25 °C até atingir 1000 °C, em recipientes específicos de platina.

## RESULTADOS

Analisou-se o perfil de degradação térmica de resíduos plásticos para compreender as etapas e temperaturas relacionadas à perda de massa durante sua decomposição. A análise DTG (termogravimétrica diferencial), derivada da TG (termogravimétrica), indica a taxonomia da variação de massa e as temperaturas específicas dos estágios de decomposição, permitindo a identificação dos processos físicos da amostra.

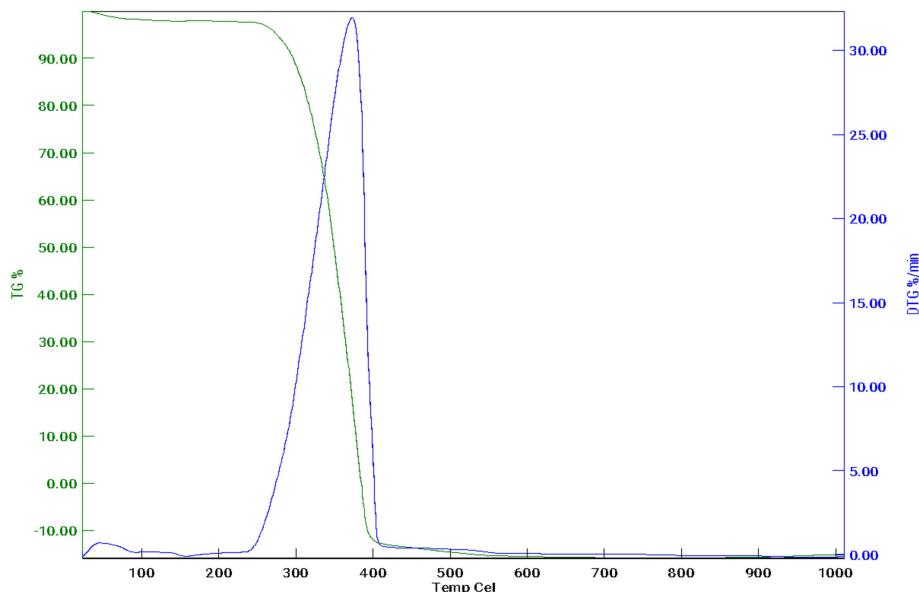
As Figuras 1, 2 e 3 mostram o desempenho termogravimétrico dos materiais poliméricos polipropileno (PP), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD), respectivamente.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

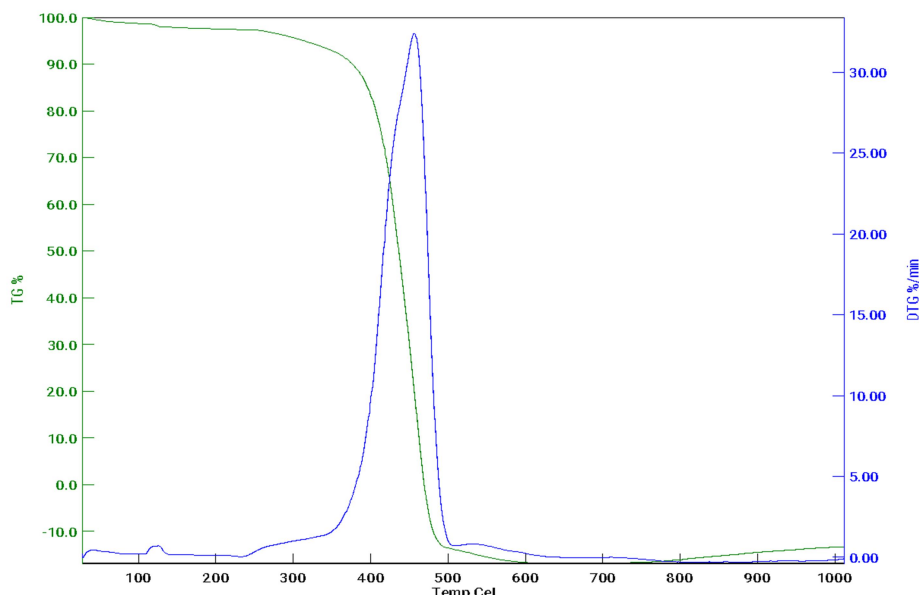
9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



**Figura 1: Perfil termogravimétrico (TG) e termogravimétrico diferencial (DTG) da amostra de polipropileno.**  
Fonte: Autor do Trabalho

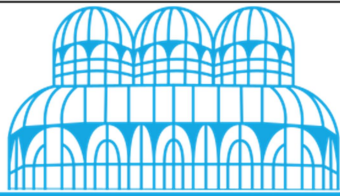
A análise da estrutura do polipropileno (PP) revela o comportamento de polímeros termoplásticos (Figura 1), caracterizados por alta estabilidade térmica em torno de 280 °C, sem perda significativa de massa nessa faixa, confirmando a ausência de compostos voláteis e de estrutura homogênea. A principal etapa de degradação inicia-se rápida e intensamente a 250 °C, atingindo seu pico a 380 °C. A ocorrência da degradação está ligada à quebra das cadeias poliméricas, à formação de produtos voláteis como consequência e à cessação das ligações C - C, indicando o alto potencial do PP para processos industriais voltados à produção de hidrocarbonetos de alta energia.



**Figura 2: Perfil termogravimétrico (TG) e termogravimétrico diferencial (DTG) da amostra de polietileno de baixa densidade.** Fonte: Autor do Trabalho.

A análise termogravimétrica do polietileno de baixa densidade (PEBD) apresenta um comportamento típico das poliolefinas, exibindo alta estabilidade térmica até 250 °C sem perda significativa de massa (Figura 2).

A principal etapa de decomposição ocorre, rapidamente, de forma concentrada entre 350 e 500 °C, com temperatura máxima de 450 °C. Nessa faixa, predomina a formação de hidrocarbonetos voláteis, como alcanos e



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

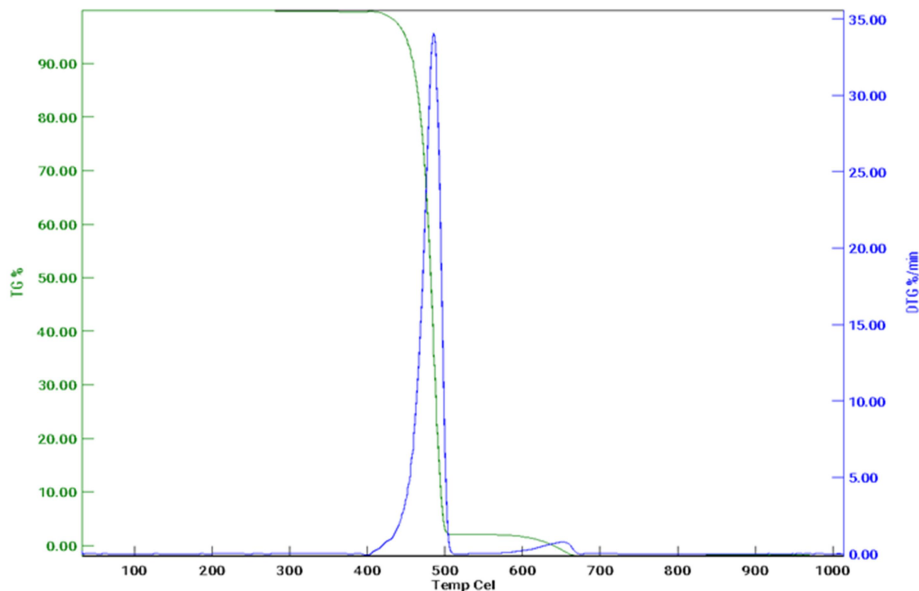
9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



alcenos, compostos com alto valor energético e potencial para conversão em líquidos combustíveis por meio de processos termoquímicos.

A análise termogravimétrica utilizando polietileno de alta densidade (PEAD) é mostrada na Figura 3. A análise demonstra o comportamento típico das poliolefinas, caracterizado por alta estabilidade térmica em torno de 400 °C, sem perda significativa de massa, não apresenta umidade residual e baixos níveis de compostos voláteis devido ao seu caráter hidrodinâmico.



**Figura 3: Perfil termogravimétrico (TG) e termogravimétrico diferencial (DTG) da amostra de Polietileno de alta densidade. Fonte: Autor do trabalho.**

De forma geral, percebe-se que os plásticos polipropileno (PP), polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD) são convertidos quase, integralmente, em frações voláteis, não havendo nenhum resíduo sólido após a etapa de degradação (PANDEY et al., 2020; QURESHI et al., 2020; MAQSOOD et al., 2021).

As regiões de sobreposição entre os perfis térmicos, especialmente entre 250 e 520 °C, são fundamentais para ocorrência de interação sinérgicas. Nessa faixa, a liberação simultânea de voláteis favorece trocas químicas entre os materiais. Por exemplo, a biomassa fornece radicais livres e compostos oxigenados e nitrogenados que facilitam a quebra das cadeias poliméricas, enquanto os plásticos liberam, abundantemente, hidrocarbonetos, aumentando o rendimento de bio-óleo e reduzindo o excesso de compostos oxigenados (ALMEIDA et al., 2017; PANDEY et al., 2020; TANG et al., 2020).

Os três perfis tiveram comportamentos típicos e semelhantes caracterizados por um único pico bem definido e mais estreito na curva de DTG, indicativo de um processo de degradação uniforme e de alta pureza dos polímeros. Além disso, a exibição de picos estreitos na DTG reflete a decomposição rápida e concentrada dos plásticos, atribuída à sua natureza homogênea e à elevada área de superfície. Esse comportamento favorece uma desvolatilização mais precoce (FELIX et al., 2026).

## CONCLUSÕES

A utilização de resíduos de plásticos reforça a importância da integração dessas organizações em sistemas de logística reversa e economia circular, contribuindo para práticas mais sustentáveis de gestão de resíduos e para o aproveitamento energético de materiais plásticos pós-consumo.

As análises termogravimétricas mostraram-se fundamentais para a compreensão do comportamento térmico dos plásticos PP, PEAD e PEBD durante o processo de pirólise. A partir dessas análises, foi possível identificar as faixas de temperatura de degradação dos materiais entre 250 e 520 °C, bem como avaliar sua estabilidade térmica e os estágios de decomposição.

Os três perfis termogravimétricos dos plásticos PP, PEAD e PEBD são essenciais para a definição das condições operacionais mais adequadas do processo de pirólise, contribuindo para maior eficiência na conversão dos resíduos de plásticos em produtos com potencial energéticos.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, H. N.; CALIXTO, G. Q.; CHAGAS, B. M. E.; MELO, D. M. A.; RESENDE, F. M.; MELO, M. A. F.; BRAGA, R. M. **Characterization and pyrolysis of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis*: potential of bio-oil and chemical production by Py-GC/MS analysis**, *Environmental Science and Pollution Research*, 24(16), p. 14142–14150. 2017.
2. CHEN, W. H.; SUN, S. C.; OCRETO, J. B.; NGUYEN, T. B.; LAM, S. S.; PARK, Y. K.; DONG, C. D. **Thermodegradation characterization of microplastics: dispersion effect and pyrolysis kinetics by artificial intelligence**, *Chemical Engineering Journal*, 457, p. 141285, 2023.
3. ESCALANTE, J.; CHEN, W. H.; TABATABAEI, M.; HOANG, A. T.; KWON, E. E.; LIN, K. Y. A.; SARAVANAKUMAR, A. **Pyrolysis of lignocellulosic, algal, plastic, and other biomass wastes for biofuel production and circular bioeconomy: A review of thermogravimetric analysis (TGA) approach**, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 169, p. 112914, 2022.
4. FELIX, C.B.; CHEN, W. H.; NGUYEN, T. B.; DONG, C. D.; CHEN, C. Y.; RYŠAVÝ, J.; ČESPIVA, J. **Co-processamento de microalgas e microplásticos sob várias vias de conversão termoquímica**, *Fuel*, 405, p. 136775. 2026.
5. MAQSOOD, T.; DAI, J.; ZHANG, Y.; GUANG, M.; LI, B. **Pyrolysis of plastic species: A review of resources and products**, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 159, p. 105295, 2021.
6. NAÇÕES UNIDAS. *Tratado global contra poluição plástica pode ficar pronto até 2024*. ONU News, 3 fev. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/02/1809202>. Acesso em: 12 abr. 2026.
7. NAWAZ, A.; RAZZAK, S. A. **Co-pyrolysis of biomass and different plastic waste to reduce hazardous waste and subsequent production of energy products: A review on advancement, synergies, and future prospects**, *Renewable Energy*, p. 224, p. 120103, 2024.
8. ONU - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). **Tudo o que você precisa saber sobre poluição plástica**. *Nairobi: PNUMA*, [s.d.]. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-poluicao-plastica>. Acesso em: 12 abr. 2026.
9. PANDEY, U.; STORMYR, J. A.; HASSANI, A.; JAISWAL, R.; HAUGEN, H. H.; MOLDESTAD, B. M. E. **Pyrolysis of plastic waste to environmentally friendly products**, *Energy Produc Manage in the 21st century IV: The Quest for Sustain Energy*, 246, p. 61-74, 2020.
10. QURESHI, M. S.; OASMAA, A.; PIHKOLA, H.; DEVIATKIN, I.; TENHUNEN, A.; MANNILA, J.; POHJAKALLIO, M.; LAINE-YLIJOKI, J. **Pyrolysis of plastic waste: Opportunities and challenges**, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 152, p. 104804, 2020.
11. TANG, Z.; CHEN, W.; HU, J.; LI, S.; CHEN, Y.; YANG, H.; CHEN, H. **Co-pyrolysis of microalgae with low-density polyethylene (LDPE) for deoxygenation and denitrification**, *Bioresource Technology*, 311, p. 123502, 2020.