

# PROCESSOS DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS: TIPOS, VANTAGENS E BARREIRAS DE ADOÇÃO

Alice Melo de Farias<sup>1</sup>, Gabriela Scur  
Engenharia de Produção, FEI  
[alicemf2003@gmail.com](mailto:alicemf2003@gmail.com), [gabriela@fei.edu.br](mailto:gabriela@fei.edu.br)

**Resumo:** Atualmente, o Brasil é o quarto maior produtor de resíduos plásticos, gerando 11,3 milhões de toneladas. Desse modo, o modelo linear de uso de materiais já não é mais viável devido aos limites dos recursos naturais e ao impacto ambiental. Este projeto explora soluções sustentáveis para combater a poluição plástica, promovendo a economia circular e destacando a importância de diversas tecnologias de reciclagem, suas vantagens e desafios, que podem ser complementares entre si.

## 1. Introdução

O atual paradigma da linearidade dos materiais é baseado nos modelos industriais dos séculos 19 e 20 concebidos para uma população mundial significativamente menor e que se ignorava implicitamente os limites dos recursos da terra e o impacto do consumo de recursos em nosso clima. Hoje o cenário mudou e os recursos naturais estão diminuindo e o impacto do consumo deles é um dos maiores temas de interesse tanto da comunidade acadêmica como dos governos e sociedade civil como um todo. Uma das alternativas para o modelo econômico linear é a economia circular.

A economia circular é um sistema econômico industrial e social para restaurar e regenerar recursos, substituindo o modelo linear de insumo-processo-resíduo por um modelo destinado a maximizar e ampliar a utilidade e o valor de produtos, componentes e materiais [1]. Como a poluição plástica se tornou um dos desafios ambientais mais prementes de nosso tempo, exigindo ações urgentes e abordagens inovadoras para mitigar seu impacto nos ecossistemas e na saúde humana, entender as complexidades da reciclagem de plástico é fundamental para encontrar soluções viáveis que equilibrem preocupações ambientais, viabilidade econômica e avanços tecnológicos [2].

Deste modo, este projeto de pesquisa examinará tecnologias emergentes, como reciclagem química, reciclagem mecânica e plásticos biodegradáveis, avaliando sua viabilidade técnica, impacto ambiental e viabilidade econômica. Por meio dessa análise, pretende-se também identificar as principais barreiras e vantagens da adoção de cada um dos tipos de reciclagem encontrados.

## 2. Metodologia

Uma abordagem qualitativa foi usada para lidar com a questão de pesquisa específica: "Quais são os tipos, as principais vantagens e barreiras para adoção de diferentes tecnologias de reciclagem para resíduos plásticos?"

Essa pesquisa teve a revisão sistemática de literatura como principal método de estudo. A revisão sistemática de literatura é um estudo que visa identificar, selecionar, avaliar, interpretar e sumarizar evidências de pesquisa de um tópico específico [3]. Além dela, a análise bibliométrica foi utilizada como a ferramenta auxiliar fundamental para cumprir os objetivos delineados por este estudo, uma vez que permite quantificar o avanço de um tema específico. Assim, a análise bibliométrica auxiliou na seleção dos artigos mais relevantes para que fosse possível realizar a revisão sistemática da literatura na construção do projeto.

## 3. Resultados

Segundo a literatura, atualmente existem quatro métodos de reciclagem de plásticos: "reciclagem primária", "reciclagem secundária" (reciclagem mecânica), "reciclagem terciária" (reciclagem química) e "reciclagem quaternária" (recuperação de energia).

Tanto a reciclagem primária como a secundária, podem ser referidas como reciclagem mecânica, onde os plásticos são separados classificados, lavados, triturados, derretidos e remoldados. A principal diferença entre as duas é que a reciclagem mecânica primária trata apenas plásticos não contaminados, como resíduos de polímeros pós-industriais ou resíduos pós-consumo de origem conhecida, para produzir produtos com qualidades e propriedades semelhantes às do plástico original [4]

A Figura 1 apresenta um esquema de como é realizada a reciclagem mecânica.

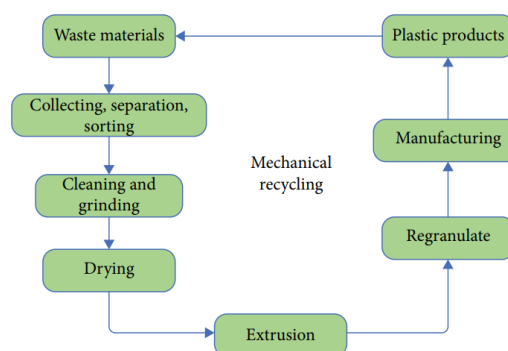


Figura 1 – Esquema de reciclagem mecânica.

O processo de reciclagem química foca na transformação de resíduos plásticos em pequenas moléculas, variando de seus monômeros iniciais a hidrocarbonetos constituintes [5]. Existem várias abordagens para a reciclagem química, que se diferem entre si tanto pelas técnicas utilizadas no processo, quanto pelo produto final. A Figura 2 é um fluxograma que ilustra alguns dos caminhos de reciclagem química encontrados.

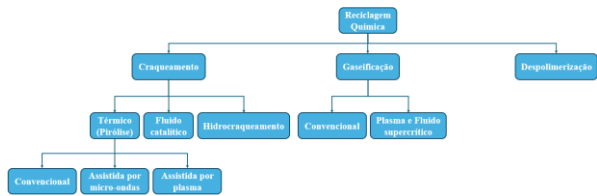


Figura 2 – Fluxograma dos tipos de reciclagem química.

A Tabela I apresenta uma visão geral de todos os tipos de reciclagem encontrados, bem como suas vantagens e desafios, auxiliando na comparação de todas as abordagens possíveis.

A comparação dos métodos de reciclagem auxilia na identificação do melhor caminho para uma economia circular, melhorando a gestão de resíduos plásticos.

Tabela I – Tipos de reciclagem, desafios e pontos positivos

MÉTODOS			DESCRIÇÃO	DESAFIOS	PONTOS POSITIVOS	
Reciclagem mecânica			Fragmentação e fusão dos plásticos em novos produtos.	Contaminação por aditivos e corantes, degradação das propriedades mecânicas.	Processo simples e amplamente utilizado, custo relativamente baixo.	
Reciclagem química	Craqueamento	Térmico	Convencional (pirólise)	Decomposição térmica sem oxigênio para produzir óleo, gás e carvão.	Alta demanda de energia, necessidade de controle preciso das condições de reação.	Flexível quanto aos tipos de plásticos processados, possibilidade de obter produtos líquidos e gasosos.
			Assistida por microondas	Uso de micro-ondas para aquecimento uniforme durante a pirólise.	Necessidade de equipamentos especializados, controle preciso da temperatura.	Aquecimento rápido e eficiente, maior controle sobre os produtos formados.
			Assistida por plasma	Uso de plasma de alta temperatura para decomposição dos plásticos.	Custo elevado de operação, necessidade de equipamentos especializados.	Alta eficiência na decomposição, produção de syngas limpo.
	Fluido catalítico		Decomposição catalítica a temperaturas mais baixas em comparação à pirólise convencional.	Necessidade de catalisadores específicos, desativação do catalisador.	Redução da temperatura de reação, maior seletividade dos produtos formados.	
	Hidrocrackeamento		Incorporação de hidrogênio em alta pressão para melhorar a qualidade dos produtos	Necessidade de altas pressões e temperaturas muito elevadas	Produção de produtos de alta qualidade com alto rendimento de parafina, o evita a geração de produtos tóxicos, como dioxinas.	
	Gaseificação	Convencional		Conversão de plásticos em gás de síntese (syngas) a altas temperaturas com um agente gasificante.	Formação de alcatrão, eficiência variável conforme o tipo de plástico e condições de reação.	Produção de syngas utilizável para geração de energia ou produção de produtos químicos.
		Plasma e fluido supercrítico		Gaseificação a temperaturas extremamente altas usando tochas de plasma. Uso de fluido supercrítico para promover a decomposição e gaseificação dos plásticos.	Complexidade do processo, necessidade de controle rigoroso das condições de reação.	Alta eficiência na decomposição, possibilidade de recuperação de produtos químicos valiosos.
Despolimerização			Conversão dos polímeros em seus monômeros originais para reutilização.	Alta demanda de energia para certos plásticos, pureza dos monômeros recuperados.	Possibilidade de obter monômeros de alta pureza, permitindo a produção de plásticos de qualidade virgem.	
Incineração com recuperação de energia			Queima de resíduos plásticos para gerar energia.	Emissão de poluentes atmosféricos, necessidade de sistemas de controle de poluição eficientes.	Recuperação de energia a partir de resíduos que não podem ser reciclados.	

#### 4. Conclusões

Como a principal necessidade atualmente é se afastar do modelo linear de consumo de recursos e passar para uma economia circular, foram identificados três principais caminhos para reciclagem e recuperação de recursos: a reciclagem mecânica, a reciclagem química e a incineração com recuperação de energia. Cada uma dessas abordagens possui características distintas que influenciam sua viabilidade e impacto ambiental. Dado que este estudo se limitou a uma análise bibliográfica, houve limitações na construção do projeto, uma vez que a implementação prática poderia revelar desafios não contemplados na literatura.

Para alcançar uma economia circular efetiva, é essencial combinar diferentes métodos de reciclagem. Cada um deles possui suas próprias particularidades, portanto, deve-se saber que elas não são concorrentes e suas aplicações não são mutuamente exclusivas, fazendo-se necessário estudos atualizados e investimentos em pesquisas sobre como as várias formas de reciclagem se complementam, visando superar os desafios técnicos e econômicos encontrados, promovendo uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos plásticos

#### 5. Referências

[1] GARCIA-SARAVIA ORTIZ-DE-MONTELLANO, Cris; VAN DER MEER, Yvonne. A Theoretical Framework for Circular Processes and Circular Impacts

Through a Comprehensive Review of Indicators. **Global Journal of Flexible Systems Management**, vol. 23, nº 2, p. 291–314, 1 jun. 2022.

[2] GERASSIMIDOU, Spyridoula et al. Unpacking the complexity of the UK plastic packaging value chain: A stakeholder perspective. *Sustainable Production and Consumption*, v. 30, p. 657-673, 2022.

[3] KOLAGAR, Milad; PARIDA, Vinit; SJÖDIN, David. Ecosystem transformation for digital servitization: A systematic review, integrative framework, and future research agenda. **Journal of Business Research**, v. 146, p. 176-200, 2022.

[4] SOLIS, Martyna; SILVEIRA, Semida. Technologies for chemical recycling of household plastics – A technical review and TRL assessment. **Waste Management**, vol. 105, p. 128–138, 15 mar. 2020.

[5] CHEN, Aizhu; YANG, Min Quan; WANG, Sibó; QIAN, Qingrong. Recent Advancements in Photocatalytic Valorization of Plastic Waste to Chemicals and Fuels. **Frontiers in Nanotechnology**, vol. 3, 12 jul. 2021.

#### Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio durante o desenvolvimento do projeto.

<sup>1</sup> Aluno de IC do CNPq. Projeto com vigência de 09/2023 a 08/2024.